

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN FUNCIONAL PARA UN  
CICLO PARQUEADERO INTELIGENTE**

**IVAN ALFREDO GARZON YAYA  
NICOLAS GOMEZ MOSQUERA**



**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2018**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN FUNCIONAL PARA UN  
CICLO PARQUEADERO INTELIGENTE**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO DE  
TELECOMUNICACIONES**



**IVAN ALFREDO GARZON YAYA  
NICOLAS GOMEZ MOSQUERA**

**ASESOR: DIEGO BERMÚDEZ  
COASESOR: LUIS FELIPE HERRERA**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2018**

## TABLA DE CONTENIDO

página

LISTA DE FIGURAS .....	3
LISTA DE TABLAS.....	4
INDICE DE ANEXOS .....	5
1. RESUMEN.....	7
2. INTRODUCCION .....	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4. JUSTIFICACION.....	10
5. ALCANCE .....	11
6. OBJETIVOS .....	12
6.1. Objetivo General .....	12
6.2. Objetivos Específicos.....	12
7. MARCO DE REFERENCIA .....	13
7.1. Marco Histórico .....	13
7.2. Marco Conceptual .....	15
7.3. Marco Teórico.....	16
7.4. Estado del Arte .....	17
8. METODOLOGIA .....	24
9. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	25
10. CONCLUSIONES.....	52
11. TRABAJO FUTURO .....	55
BIBLIOGRAFIA.....	56
LISTA DE REFERENCIAS .....	59

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PARQUEADERO M 100 Y PARQUEADERO M 101 .....	28
FIGURA 2. PARQUEADERO DE GANCHO.....	29
FIGURA 3. PARQUEADERO POST AND LOOP .....	30
FIGURA 4. PARQUEADERO DE DOS PISOS.....	30
FIGURA 5. FUNCIONAMIENTO PARQUEADERO DE DOS PISOS .....	31
FIGURA 6. PARQUEADERO LOCKER .....	31
FIGURA 7. PARQUEADERO U INVERTIDA .....	32
FIGURA 8. MEDIDAS CICLO PARQUEADERO .....	33
FIGURA 9. LOCALIZACIÓN CICLO PARQUEADERO.....	34
FIGURA 10. VISUALIZACIÓN FINAL CICLO PARQUEADERO .....	34
FIGURA 11. VISUALIZACIÓN BASE DE DATOS PARA EL PROYECTO .....	46
FIGURA 12. MENSAJE RECIBIDO.....	47
FIGURA 13. SENSOR RC522.....	49
FIGURA 14. SENSOR HC-SR04.....	49
FIGURA 15. MODULO ADAFRUIT FONA 3G .....	50
FIGURA 16. BATERÍA DE ION LITIO - 3.7 V 1200 MAH .....	50
FIGURA 17. ANTENA TIPO STICKER.....	51
FIGURA 18. CABLE USB A TTL SERIAL .....	51

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. COMPARATIVA DE DEEPER LOCK CON OTRAS SOLUCIONES DE SEGURIDAD PARA BICICLETAS.....	19
TABLA 2. COMPARATIVA DE CICLO PARQUEADEROS CON CAPACIDADES ADICIONALES .....	22
TABLA 3. ACTIVIDADES QUE DEBEN REALIZARSE PARA LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO ...	25
TABLA 4. COSTOS POR MENSAJE PARA LOS OPERADORES.....	39
TABLA 5. COMPARACIÓN TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN IOT.....	40
TABLA 6. REGIONES Y PUNTOS DE ENLACE AWS-SNS.....	48

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A. CREDENCIALES\_FIREBASE**

**ANEXO B. RFID**

**ANEXO C. SENSOR\_ULTRASONIDO**

**ANEXO D. SMS\_AMAZON**

## GLOSARIO

En este primer apartado se presenta la recopilación de definiciones y términos cuya frecuencia de uso y/o relevancia en el desarrollo del proyecto genera que estos tengan una mayor importancia, así mismo se presentan los términos poco conocidos o de difícil comprensión:

- **API:** (Application Programming Interface, interfaz de programación de aplicaciones).
- **AWS:** (Amazon Web Services).
- **BLE:** (Bluetooth Low Energy, Bluetooth de baja energía).
- **GPRS:** (General Packet Radio Service, Servicio general de paquetes vía radio).
- **GSM:** (Global System for Mobile communications, Sistema global para comunicaciones móviles).
- **IOT:** (Internet of Things, Internet de las Cosas).
- **LORA:** (Long Range, Largo Alcance).
- **M2M:** (machine to machine, máquina a máquina).
- **RFID:** (Radio Frequency Identification, Identificación por radiofrecuencia).
- **SDK:** (Software Development Kit, Kit de desarrollo de software).
- **SMS:** (Short Message Service, Servicio de mensajes cortos).
- **AWS-SNS:** (Simple Notification Service, Servicio de notificación simple).

## 1. RESUMEN

En el proyecto DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN FUNCIONAL PARA UN CICLO PARQUEADERO INTELIGENTE se desarrolla una solución de software y hardware para una problemática que se presenta en varias partes del mundo, la seguridad de las bicicletas cuando se encuentran estacionadas. Actualmente en muchas entidades (universidades, empresas, edificios residenciales, etc.) hay una gran afluencia de biciusuarios lo que crea la necesidad de espacios óptimos y seguros para estacionar su medio de transporte. Diariamente se presentan hurtos de bicicletas aun cuando los usuarios hacen uso de cadenas y diferentes opciones de aseguramiento.

Para desarrollar el diseño de la solución en este proyecto, se hace una investigación de las opciones existentes en el mercado, que podrían ser una alternativa para la solución al problema mencionado, con su respectiva comparación frente a la propuesta que se desarrolla en este documento. Luego se realiza una recopilación de datos para verificar requerimientos que se necesiten y de esta manera, generar un producto que se ajuste a la problemática que se desea solucionar. Seguido a esto se expone el desarrollo del código y diseño de la solución en software y hardware.



## 2. INTRODUCCION

El presente documento expone el desarrollo del trabajo de grado titulado DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN FUNCIONAL PARA UN CICLO PARQUEADERO INTELIGENTE. Éste va dirigido a las personas que hacen uso de bicicletas para su movilidad y así mismo para los administradores de parqueaderos y/o edificios en los cuales se posean espacios destinados al estacionamiento de bicicletas, con una opción de seguridad más allá del candado que lleve el usuario. De manera generalizada el proyecto se alinea al marco normativo que existe actualmente donde la ley 1811 del 21 octubre de 2016 establece la promoción del uso de la bicicleta con el uso de diversas estrategias y obligaciones. Mediante el resultado de este trabajo de grado, se pretende proveer una alternativa viable al apartado de la ley previamente mencionada en el cual se exige que las “entidades públicas del orden nacional, departamental y municipal establezcan esquemas de estacionamientos adecuados, seguros y ajustados periódicamente a la demanda, habilitando como mínimo el 10% de los cupos destinados para vehículos automotores que tenga la entidad; en el caso de ser inferior a 120 estacionamientos de automotores se deberá garantizar un mínimo de 12 cupos para bicicletas”<sup>1</sup>. No obstante, la ley no menciona aspectos de seguridad, basado en estas variables, la solución propuesta busca ser una alternativa que pueda ser usada sin requerir de una gran infraestructura y que así mismo sea una opción a la seguridad de las bicicletas.

En el apartado técnico el desarrollo del proyecto plantea el uso e implementación de dispositivos IoT, servicios de nube y sistemas de comunicación, que permitirán establecer una solución con el uso de tecnologías disruptivas frente a lo que tradicionalmente se usa para opciones de seguridad y notificación, para esto se hará uso de sensores, la red GSM, tecnología RFID, entre otras. De esta manera y con el uso de la metodología para desarrollo de proyectos, scrum, se presenta la implementación de una unidad Raspberry Pi 3, su configuración y programación que facilitó el desarrollo del producto final.

---

<sup>1</sup> Ley 1811 de 2016, “Por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el código nacional de tránsito”, 21 de octubre de 2016.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bogotá es la ciudad con más kilómetros adecuados para el transporte en bicicleta Latinoamérica, en los últimos años el uso de la bicicleta ha crecido notablemente, pero la falta de espacios para parquearlas es un problema que aún nos afecta, pese a que existen leyes que obligan a la creación de dichos lugares, una de las más importantes es la ley 1811 del 21 octubre de 2016, la cual habla de los incentivos que se brindan para promover el uso de la bicicleta, además de los lugares de parqueo que debe tener este tipo de transporte en edificios públicos, lastimosamente esta ley no contempla aspectos de seguridad que vayan de la mano de las obligaciones que impone.

La inseguridad tanto en los lugares donde parquean sus bicicletas los bogotanos como en las vías por donde se transportan ha aumentado. Según la secretaría distrital de seguridad<sup>2</sup> en el 2017 se presentaron 3133 casos de robo de bicicletas en la ciudad, teniendo en cuenta los datos entregados las localidades más afectadas por hurto fueron: Suba con 514 robos, Usaquén con 368, Engativá con 361, Kennedy con 339 y Chapinero con 302, analizando estos valores con los del año 2016 se observó un aumento de 1.156 hurtos. En el primer semestre de 2018 se reportaron 3177 hurtos, lo que establece un promedio de 17 robos diarios. Hay que tener en cuenta que los datos pueden ser superiores, pero por falta de ánimo para denunciar no se tienen registros.

En la ciudad se encuentran muy pocos parqueaderos de bicicletas que tengan la tecnología y seguridad suficiente para brindar un buen servicio, se necesita nuevas ideas para la creación de dichos lugares que aporten al crecimiento masivo que está teniendo en los últimos años el uso de la bicicleta, es allí donde surge la pregunta ¿si existiera un ciclo parqueadero que genere alertas al usuario tan pronto como esta se vea afectada, como impactaría esto de manera positiva en la magnitud del uso de la bicicleta? ¿Las cifras de hurto de bicicletas se verían reducidas por el uso de este tipo de ciclo parqueadero?

---

<sup>2</sup> Cada tres horas es hurtada una bici en Bogotá. (9 Feb 2018) Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/cada-tres-horas-es-hurtada-una-bici-en-bogota-articulo-738148>

#### **4. JUSTIFICACION**

La falta de zonas seguras para aparcar las bicicletas en Bogotá es un problema que va creciendo, a medida que aumenta el uso de este medio de transporte se genera una mayor demanda de sitios adecuados para estacionar. Según cifras de la secretaria de movilidad, en 2015 se realizaron diariamente 575.400 viajes, en la actualidad esa cifra aumentó llegando a 850.000 viajes en el día.

Muchos de los lugares que existen en Bogotá para parquear las bicicletas se encuentran limitados en seguridad ya que dependen de una persona que las vigile o de algún objeto para asegurar, un ejemplo claro de este caso es la Universidad Piloto de Colombia, en donde se encuentran varios estacionamientos, pero la seguridad depende de los ciclistas y de vigilantes que ocasionalmente están cerca de las zonas de parqueo.

Las ventajas que trae utilizar la bicicleta como medio de transporte diario son bastantes, pero al no existir lugares adecuados donde dejar las mismas muchas personas se cohíben de realizar sus viajes, ya que la inseguridad en Bogotá está aumentando. teniendo en cuenta la falta de estos espacios y la seguridad que brindan los pocos lugares que existen, se plantea la idea de crear un aparcamiento donde la seguridad sea confiable, basados en Internet de las cosas (de aquí en adelante IoT) como sistema de comunicación para monitorear el estado de la bicicleta mientras el usuario está realizando sus actividades diarias, utilizando el celular como canal de comunicación.

## **5. ALCANCE**

Desarrollar un sistema de comunicación que pueda ser usado en una unidad funcional de ciclo parqueadero inteligente, el cual hará uso de la red de telefonía GSM para su conectividad a internet, tendrá un sensor que permitirá monitorear si la bicicleta se encuentra ubicada en el parqueadero o no, enviara mensajes de alerta por medio de SMS al usuario del ciclo parqueadero frente a cualquier movimiento que presente la bicicleta estando parqueada y para demostrar su capacidad de bloqueo y desbloqueo hará uso de una tarjeta RFID la cual cuando el parqueadero sea abierto o cerrado active un mecanismo.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo General**

Desarrollar un sistema de comunicación para un prototipo de parqueadero inteligente soportado en IoT.

### **6.2. Objetivos Específicos**

- Investigar acerca de IoT y servicios de nube, aplicado a ciclo parqueaderos y sistemas de comunicación, para establecer antecedentes y revisar casos de éxito.
- Investigar el uso de estructuras de ciclo parqueaderos para adoptar la forma más efectiva en el prototipo sobre el cual se hará la implementación del sistema de comunicación propuesto.
- Analizar e integrar la información recolectada para determinar los requerimientos técnicos y funcionales que necesita el desarrollo del proyecto.
- Investigar y comparar diversas tecnologías de comunicación para determinar la más efectiva basada en los requerimientos definidos para el proyecto.
- Desarrollar el sistema de comunicación del que hará uso el ciclo parqueadero inteligente.
- Implementar el sistema de comunicación propuesto a un prototipo funcional del ciclo parqueadero inteligente.

## 7. MARCO DE REFERENCIA

### 7.1. Marco Histórico

Los primeros pasos que marcaron la ruta a lo que hoy se conoce como IoT, tuvieron lugar hace más de un siglo, en la montaña Mont Blanc, con un experimento para medición meteorológica y profundidad de terreno. Este evento fue uno de los primeros en hacer uso de objetos conectados entre sí.

“La idea de conectar objetos y que estos fueran inteligentes se vio plasmada en los escritos y pensamientos de científicos tan importantes como Nikola Tesla y Alan Turing”<sup>3</sup>.

“Nikola Tesla, uno de los padres de las comunicaciones inalámbricas siempre fue más allá del propio descubrimiento tecnológico de la época, postuló dos aplicaciones, interconexión de todo en un “gran cerebro” y la simplicidad de los terminales que se usan para ello. Predijo la existencia de ordenadores personales, teléfonos inteligentes, entre otros, y que todos estos dispositivos estarían conectados al gran cerebro, que en la actualidad se conoce como internet.”<sup>4</sup>

Pero no sería sino hasta los años 60, que lo que hoy se conoce como internet, tuviera sus primeras bases, éstas serían los primeros protocolos creados, y fue hacia 1969 que se envió el primer mensaje por ARPANET. Desde esa época y hasta mediados de los 80, el avance que presentó esta red se vio bastante obstaculizado por las escasas comunicaciones de altas velocidades y los costos de estas a medianas y largas distancias, pero así mismo esto facilitó la creación de redes heterogéneas.

Hacia los 90 ARPANET se convirtió oficialmente en internet, debido a su masiva expansión y la creación del protocolo TCP/IP. “Ya en 1990 John Romkey, en el evento Interop en EE. UU., creó el primer objeto conectado a Internet: una tostadora que se podía encender o apagar en remoto. La conectividad fue a través del ya mencionado protocolo TCP/IP y el control se realizó mediante SNMP (Simple Network Management Protocol), protocolo de gestión de red, que se usó para controlar el encendido y apagado del electrodoméstico.”<sup>5</sup>

En 1991 Mark Weiser escribe y publica el artículo “La computación en el siglo XXI”, donde se plantea el termino de “computación ubicua”, en el mismo artículo el autor describe varias características los dispositivos que se conectan a internet y los que se conectan con otros, muchos de los planteamientos que describe Weiser en este articulo son una realidad hoy en día.

---

<sup>3</sup> Bruno Cendón. El Origen Del IoT [en línea]. < <http://www.bcendon.com/el-origen-del-iot/>> [citado el 3 de septiembre de 2018]

<sup>4</sup> Ibid.

<sup>5</sup> Ibid

La revolución empezó a ser evidente cuando en 1999 Neil Gershenfeld dijo: “en retrospectiva, parece que el rápido crecimiento de la World Wide Web puede haber sido sólo la carga desencadenante que ahora está desencadenando la verdadera explosión, a medida que las cosas empiezan a usar la Red.”<sup>6</sup>

El papel del MIT ya venía siendo de alta relevancia, pero a partir de esta declaración de Gershenfeld, la institución empezó a tener protagonismo en varios desarrollos e investigaciones, como se vio en la apertura de Auto-ID que es el sucesor orientado a la investigación del MIT Auto-ID Center, fundado originalmente por Kevin Ashton, David Brock y Sanjay Sarma. Ayudaron a desarrollar el Código Electrónico de Producto o EPC, un sistema global de identificación de artículos basado en RFID destinado a reemplazar el código de barras UPC.

Junto con esto el anuncio de LG, de sus planes de creación del primer refrigerador que haría uso de internet lo que significó la aparición de la conectividad inalámbrica, esto permitió poder observar una primera explosión en el crecimiento de los objetos conectados, dando paso al IoT que todos conocemos.

En el año 2005 se presenta la creación de Arduino y junto con esto el primer informe publicado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en la cual se hablaba del IoT como una nueva dimensión al mundo de las TIC y la manera en que los dispositivos se conectarían. En 2008 un grupo de empresas lanzó la Alianza IPSO para promover el uso del Protocolo de Internet (IP) en redes de "objetos inteligentes" para habilitar el IoT. Este mismo año el Consejo de Inteligencia Nacional de EE.UU. enumeró el IoT como una de las 6 "Tecnologías Civiles Disruptivas" con posibles impactos en los intereses de EE.UU. hasta 2025.

Según Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), el IoT nació entre 2008 y 2009 simplemente en el momento en el que más "cosas u objetos" estaban conectados a Internet que las personas.

En 2011 varios fabricantes anuncian proyectos con NFC, Arduino y otras plataformas de hardware maduran y hacen que IoT sea accesible para cualquiera con acceso a uno de sus dispositivos. Se presenta la creación del IoT-GSI Global Standards Initiative, que promueve un enfoque unificado para el desarrollo de estándares técnicos que permiten el IoT a escala global.

Desde 2011 y hasta la fecha se han presentado avances en diversas áreas del conocimiento que generan aportes y complementaciones a todo el universo que compone al IoT. En los últimos años se ha visto como los servicios y tecnologías que hacen uso de la nube se integran a dispositivos IoT para generar más

---

<sup>6</sup> Gershenfeld, Neil. When Things Start to Think: Integrating Digital Technology into the Fabric of Our Lives. Primera ed. Boston: Henry Holt and Company, 2014. 225 p. ISBN 1466873523, 9781466873520

soluciones y productos con mayores capacidades, las opciones que tiene IoT son innumerables y es por eso por lo que para el desarrollo tecnológico futuro y la evolución de los sistemas de comunicación esta tecnología se vuelve tan importante.

Teniendo en cuenta que cada una de las definiciones que se presentarán a continuación presentan una relación directa con los componentes que se usaron en la solución final.

## 7.2. Marco Conceptual

En esta sección se definen los conceptos base sobre los cuales se sustenta el trabajo que se realizó durante este proyecto. Adicionalmente se definen conceptos que serán de gran importancia para los parámetros sobre los cuales se desarrollan los últimos dos objetivos para la implementación de la solución propuesta.

- **GSM:** (Global System for Mobile communication) es un sistema de telefonía móvil digital que se utiliza ampliamente en Europa y en otras partes del mundo. El GSM utiliza una variación del acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA) y es la más utilizada de las tres tecnologías de telefonía inalámbrica digital (TDMA, GSM y CDMA). GSM digitaliza y comprime los datos, y luego los envía a través de un canal con otras dos corrientes de datos de usuario, cada una en su propia franja horaria. Funciona tanto en la banda de frecuencia de 900 MHz como en la de 1800 MHz.
- **RFID:** La identificación por radiofrecuencia (RFID) es el uso de ondas de radio para leer y capturar información almacenada en una etiqueta adherida a un objeto. Una etiqueta puede ser leída desde varios pies de distancia y no necesita estar dentro de la línea de visión directa del lector a ser rastreado.

Un sistema RFID se compone de dos partes: una etiqueta y un lector. Las etiquetas RFID están integradas con un transmisor y un receptor. El componente RFID de las etiquetas tiene dos partes: un microchip que almacena y procesa información, y una antena para recibir y transmitir una señal. La etiqueta contiene el número de serie específico de un objeto específico.

Para leer la información codificada en una etiqueta, un transmisor-receptor de radio bidireccional llamado interrogador o lector emite una señal a la etiqueta utilizando una antena. La etiqueta responde con la información escrita en su banco de memoria. El interrogador transmitirá entonces los resultados de la lectura a un programa informático RFID.



- **AWS-SNS:** Simple Notification Service (AWS-SNS) es un servicio de notificaciones para dispositivos móviles y mensajes de publicación/suscripción completamente administrado para coordinar la entrega de mensajes a clientes y puntos de enlace suscritos. Con AWS-SNS, puede distribuir mensajes a una gran cantidad de suscriptores, incluidos servicios y sistemas distribuidos, y dispositivos móviles. Configurar, usar y enviar de manera confiable notificaciones a todos sus puntos de enlace es sencillo. Puede empezar a usar AWS-SNS en cuestión de minutos con la consola de administración de AWS, la interfaz de línea de comandos de AWS o el SDK de AWS con tres API simples. AWS-SNS elimina la complejidad y la sobrecarga asociada con la administración y el uso de infraestructura y software de mensajería exclusivos.
- **IOT:** El internet de las Cosas, es un sistema de dispositivos informáticos interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas a los que se proporcionan identificadores únicos (UID) y la capacidad de transferir datos a través de una red sin necesidad de una interacción entre personas o entre personas y ordenadores.

### 7.3. Marco Teórico

El dispositivo principal usado en este proyecto de grado es el ordenador Raspberry Pi 3, por lo tanto, en este apartado se revisarán las características técnicas del dispositivo. Así mismo se describirá brevemente el módulo Adafruit FONA 3G, el cual brindará la conexión a internet por medio de la red móvil celular a la Raspberry.

#### 7.3.1. Raspberry Pi 3

La Raspberry Pi 3 Modelo B+ es un producto de la gama Raspberry Pi 3, con un procesador de cuatro núcleos de 64 bits que funciona a 1.4 GHz, doble banda de 2.4 GHz y LAN inalámbrica de 5GHz, Bluetooth 4.2/BLE, Ethernet y capacidad PoE a través de un PoE HAT separado.

La siguiente es la lista de características técnicas:

- Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
- 1GB LPDDR2 SDRAM
- 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac LAN inalámbrica, Bluetooth 4.2, BLE
- Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (rendimiento máximo de 300 Mbps)
- Cabezal GPIO de 40 pines extendido
- HDMI de tamaño completo
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Pi de Raspberry

- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil de Raspberry Pi
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de vídeo compuesto
- Puerto Micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos
- Entrada de alimentación de 5V/2.5A DC
- Compatibilidad con alimentación a través de Ethernet (PoE) (requiere PoE HAT separado)

### **7.3.2. Adafruit FONA 3G.**

El FONA 3G es un módulo hecho por Adafruit Industries que viene incluido con el chip SIM5320 de SIMCom. Como su nombre lo indica, soporta redes 3G, GSM, geolocalización GPS. Adicionalmente este dispositivo permite hacer uso mensajes de texto, mensajes de voz y rastreo de ubicación.

Las medidas de este módulo son: 4.5 por 4 centímetros. En el núcleo se encuentra el módulo celular GSM SIM5320 con GPS integrado y la siguiente es la lista de características técnicas:

- Quad-band 850MHz GSM, 900 MHz EGSM, 1800 MHz DCS, 1900 MHz PCS.
- Versión Americana dual-band UMTS/HSDPA 850/1900 MHz WCDMA + HSDPA.
- Versión Europea dual-band UMTS/HSDPA 900/2100 MHz WCDMA + HSDPA.
- 23
- GPS integrado (Qualcomm PM8015 GPS) que puede ser controlado y manejado sobre el mismo puerto serial.
- Realizar y recibir llamadas de voz utilizando audífonos o un speaker externo de 8Ω con micrófono electrónico.
- Enviar y recibir mensajes SMS.
- Enviar y recibir datos GPRS (TCP/IP, HTTP, etc.).
- La interfaz de comando AT puede ser utilizada a velocidades 300, 600, 1200, 4800, 9600, 19200, 39400, 57600, 115200, 230K, 461K, 961K, 3.2M, 3.7M y 4.0Mbps.

### **7.4. Estado del Arte**

Durante el desarrollo de este proyecto, se realizó una búsqueda de proyectos y/o soluciones que presentaran un funcionamiento similar al que se está planteando en este documento o que cumplieran las necesidades planteadas en el problema haciendo uso de tecnologías o dispositivos equivalentes. Como resultado se encontró que varios productos están orientados a la seguridad y notificación al

móvil mediante redes inalámbricas tipo bluetooth y Wi-Fi, lo cual las aleja de ser similares a la solución que se desarrolla en este documento.

La primera alternativa al proyecto es una aplicación que funciona en conjunto con hardware llamada KISSMYBIKE, ésta hace uso de BLE para conectar el móvil al hardware, modulo GPS para visualizar ubicación en la aplicación, modulo 2G/3G para generar la notificación al móvil y un acelerómetro para detectar movimiento. [5]

A pesar que dentro de las opciones ofertadas por este producto muchas se hacen similares a la solución que se está planteando, el principal factor que dificultaría el uso de esta solución en Colombia sería el desconocimiento de los módulos de los que hace uso el equipo de hardware, el problema que esto presentaría se vería reflejado en un eventual fallo de funcionamiento y conectividad, debido a que al hacer uso de la red móvil colombiana los dos módulos estarían sujetos a surtir el proceso de homologación de equipos terminales móviles en Colombia. Al tratarse de un equipo cuyo módulo de comunicaciones se encuentra en el interior, poder obtener la información requerida para el trámite de homologación sería bastante complicado sin asesoría del fabricante. Adicionalmente, el producto se enfoca en hardware instalado en la bicicleta y la solución que se está proponiendo hace uso de una estructura fija para el parqueo de las bicicletas.

Como segunda alternativa al proyecto, se encontró otra aplicación que funciona de manera conjunta con hardware, esta se llama DEEPER<sup>7</sup>, el cual usa básicamente las mismas tecnologías que la alternativa previamente mencionada, el factor diferencial en este caso es que la opción anterior viene integrada a la bicicleta en el caso de la solución DEEPER, la alternativa es un sistema de aseguramiento de la bicicleta a una montura de ciclo parqueadero. Los inconvenientes con esta solución serían bastante similares, la situación con la homologación de los módulos internos siempre será un obstáculo para cualquier dispositivo que haga uso de la red GSM debido a que son equipos que no son fabricados en el país, la solución a esto sería que el fabricante viera Colombia como un mercado potencial y se encargara del proceso de la homologación de los módulos internos. Adicionalmente, al igual que la alternativa anterior, el hardware es un periférico que se usa en la bicicleta, lo que la hace diferente a la propuesta que se plantea en este documento.

Para establecer una claridad, frente a lo que se ha descrito de las alternativas de solución previamente mencionadas, en relación a la ausencia de tecnología GSM, se presenta la tabla 1, que la alternativa DEEPER expone en su página web en la cual se compara ésta con otras opciones de seguridad para bicicletas:

---

<sup>7</sup> "The Lock - Deeper Lock smart bike lock", *Deeper Lock*, 2018. [Online]. Available: <http://deeperlock.com/smart-bike-lock/>. [Accessed: 12- Aug- 2018].

*Tabla 1. Comparativa de DEEPER LOCK con otras soluciones de seguridad para bicicletas*

	DEEPER LOCK	LINKA	ELLIPSE	BITLOCK	I LOCK IT
RASTREO GPS	SI	NO	NO	NO	NO
ALARMA DE 110 dB	SI	SI (800 DB)	NO	NO	SI
ALERTAS ANTIRROBO DE RANGO ILIMITADO	SI	NO (SOLO BLUETOOTH)	NO (SOLO BLUETOOTH)	NO	NO (SOLO BLUETOOTH)
DESBLOQUEO SIN LLAVE	SI	SI	SI	SI	SI
FUNCION PARA COMPARTIR	SI	SI	SI	SI	SI
FABRICADO EN CALIDAD DE LA UE	SI	NO	NO	NO	SI
AUTO-CARGA	SI	NO	SI	NO	SI
SE MONTA DE FORMA PERMANENTE EN SU BICICLETA	SI	SI	NO	NO	SI
ELEMENTO DE BLOQUEO DE MÁS DE 12mm DE GROSOR	SI	NO	SI	SI	NO

Fuente: <http://deeperlock.com/wp-content/uploads/2016/10/lentele-min.png>

En la tabla 1 se presenta una comparación con otras alternativas de solución similares y sus características, como se mencionó anteriormente las que hacen uso de la red GSM son muy pocas.

Las soluciones previamente mencionadas, como se logró evidenciar, están orientadas a la bicicleta. Durante la investigación de alternativas de solución también se encontraron procedimientos que están orientados a la estructura del estacionamiento donde reposaría la bicicleta y esto es debido a que el uso de la bicicleta a nivel mundial ha tenido un aumento significativo en la última década, gracias a la necesidad de encontrar un lugar seguro para aparcar dicho medio de transporte, varias empresas implementaron sus sistemas de parqueaderos inteligentes, los más desatacados, entre los encontrados son:

- **Bikeep**

Bikeep es un portabicicletas que actualmente se usa en Bélgica, Islandia, Hungría, Suecia, Finlandia, Suiza, Holanda y Dinamarca, el cual combina acero de grado industrial con tecnología inteligente para bloquear de forma segura la rueda

delantera y el marco de la bicicleta. Permite bloquear la bicicleta con un teléfono móvil o una tarjeta RFID.

El portabicicletas ayuda a las empresas y áreas públicas a ser más amigables con los usuarios y por lo tanto atraen a más ciclistas. Puede configurarse con acceso restringido mediante una aplicación o una tarjeta de acceso, de modo que sólo personas específicas puedan utilizarlo, por ejemplo, sus estudiantes, empleados o inquilinos.

- **Bisecu**

Bisecu es un periférico que se instala en la rueda delantera de la bicicleta, este se sincroniza con el smartphone vía bluetooth y mide la intensidad de la señal para reconocer la distancia entre el dispositivo y el usuario. Cuando el usuario o propietario se aleja de la bicicleta el dispositivo se bloquea de tal manera que la llanta en la cual se encuentra instalado no pueda moverse, así mismo cuando detecta al usuario en determinado rango de cercanía se desbloquea.

Este es un dispositivo automático, con mecanismo de bloqueo invisible y conexión inalámbrica bluetooth. Incluso sin el teléfono, se puede utilizar una contraseña preestablecida para bloquear y desbloquear Bisecu manualmente utilizando el botón que se encuentra en la parte exterior del dispositivo.

En el interior, el dispositivo tiene implantada una estructura de cierre invisible, esta estructura de bloqueo permitió construir una cerradura más pequeña, y extremadamente liviana, es incluso más ligera que una taza de café, y es imposible cortar desde fuera.

- **Bigloo**

Bigloo es una solución española, la cual se basa en un sistema de almacenamiento que permite la gestión automática e inteligente de aparcamiento, recibe y devuelve las bicicletas en un tiempo menor a 10 segundos, además permite guardar elementos complementarios a la bicicleta como casco, maletas, chaleco, etc.

Físicamente tiene una dimensión de 700cm de ancho por 190 cm de alto, funciona por medio de una tarjeta RFID.

El aparcamiento y la recuperación de las bicicletas se realiza mediante tarjetas de aparcamiento b-igloo que contienen un chip, que almacena la información del usuario, sus autorizaciones y restricciones.

El sistema facilita todas las tareas de gestión, atención al cliente y atención de incidencias, garantizando unas perfectas condiciones de mantenimiento y convirtiendo a b-igloo en el mejor sistema para la aplicación de redes de aparcamiento y/o alquiler de bicicletas y, por tanto, en el mejor sistema para proporcionar un transporte individual, sostenible y ecológico.

- **Biceberg**

Biceberg fue creado en España, es un aparcamiento subterráneo para bicicletas. Permite guardar elementos complementarios a la bicicleta, como morrales o el casco, el usuario realiza las operaciones mediante una tarjeta con un código personal, muy similar a el proceso de los cajeros automáticos.

Según los creadores “el tiempo de acceso hasta cada plaza de aparcamiento es de 30 segundos, tanto para su depósito como para su retirada, los aparcamientos biceberg tienen capacidad para 23, 46, 69 o 92 bicicletas. biceberg ofrece al usuario una garantía del 100 % contra el robo de la bicicleta y el equipaje, rapidez de acceso y una total comodidad de uso”<sup>8</sup>.

Las maniobras de aparcamiento y retirada de la bicicleta se realizan mediante las tarjetas de aparcamiento biceberg, cuyo chip contiene la información sobre el usuario y el aparcamiento.

Una clara señalización expuesta en el propio biceberg recuerda siempre al usuario el modo de operar. Las instrucciones se complementan con infografía que facilita una fácil y rápida comprensión a todos los públicos.

---

<sup>8</sup> "PRODUCTO", *Biceberg.es*, 2018. [Online]. Available: [http://www.biceberg.es/m\\_producto.htm](http://www.biceberg.es/m_producto.htm). [Accessed: 22- Ago- 2018].

*Tabla 2. Comparativa de ciclo parqueaderos con capacidades adicionales*

	BIKEEP	BISECU	BIGLOO	BICEBERG	PROPUESTA
RFID	X	X	X		X
TARJETA DE CHIP				X	
BLUETOOTH	X	X			
CAPACIDAD	X		X	X	X
ALARMA	X	X			X
RESISTENCIA	X	X	X	X	X
TAMAÑO	X	X			X
COMPATIBILIDAD	X		X	X	X
NOTIFICACION		X			X
SEGURIDAD	X		X	X	X
MONITOREO			X	X	X
ESPACIO	X	X			X
ACCESIBILIDAD	X				X
MENSAJE DE TEXTO					X
SENSORES					X

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la anterior tabla comparativa se resaltan los factores que marcan la diferencia entre las alternativas de solución orientadas a el almacenamiento de bicicletas que actualmente existen y la propuesta que se desarrolla en este proyecto.

Como última alternativa de solución, se encontró el producto final de un proyecto de grado de maestría, desarrollado en la universidad Santo Tomas, en la cual se generó un módulo para administrar un ciclo parqueadero inteligente buscando así una alternativa que permita esclarecer y crear opciones de marco normativo para los sistemas inteligentes de transporte y el desarrollo hacia ciudades inteligentes. La alternativa hace uso de sensores de ultrasonido para detectar proximidad, genera mensajes de alerta a correo electrónico, en caso de que el parqueadero se vea alterado y se administra desde un sitio web en el cual se pueden visualizar los espacios que se encuentran ocupados del estacionamiento para bicicletas, además de esto mide variables meteorológicas.

Las alternativas de solución previamente descritas tienen bastantes características que las hacen más y/o menos llamativas que las demás, no obstante en la propuesta que se desarrolla en el presente documento debido a las especificaciones que posee, es posible establecer una serie de diferencias bastante notables que causan que la opción sea tanto llamativa como efectiva, de la misma manera ofrece opciones en conjunto que ninguna de las alternativas previamente mencionada reúnen para su funcionamiento, las características de la propuesta de solución se describen a continuación:

- Conectividad: La alternativa hace uso de conectividad Wi-Fi lo que en caso de desear una escalabilidad a sitios donde no se presente una eficiente

calidad de conexión, dificultaría su uso en varios casos lo imposibilitaría. La propuesta de este documento busca hacer uso de la red móvil celular para que la conectividad a internet sea por medio de esta, si bien en Colombia aún hay sitios que presentan fallas en disponibilidad sería más sencillo escalar la opción, así mismo el uso de esta red genera una independencia de la solución diferente a la alternativa que tiene una dependencia al anclaje a una red.

- Hardware: La alternativa hace uso de un sistema Intel, la propuesta de este documento se basa en periféricos alrededor de una Raspberry Pi 3.
- Alertas: La alternativa encontrada genera alertas de peligro para la bicicleta por envío de correos electrónicos lo que implica que el usuario debe tener acceso a internet y un sistema de notificaciones habilitado en perfecto estado para poder visualizar el mensaje a tiempo. La propuesta de solución, por otro lado, pretende generar alertas por medio del envío de mensajes de texto para que de esta manera la notificación para la persona sea efectiva y se pueda visualizar en el menor tiempo posible.
- Software: La propuesta busca hacer uso de servicios de nube, más puntualmente Amazon Web Services, para integrar de esta manera tecnologías disruptivas.

Frente a estos aspectos, aunque la última alternativa de solución encontrada se presenta con varias características similares, se resaltan diversos factores que permiten identificar puntos a favor de la propuesta que se desarrolla en este documento con opciones más eficientes y atractivas que permitirán que esta solución sea aún mejor.



## 8. METODOLOGIA

Las metodologías de investigación para este proyecto se llevarán a cabo mediante la técnica cuantitativa y cualitativa ya que cada una de ellas son complementarias para los objetivos y propósitos de este proyecto, al lograr combinar estas dos metodologías se permite la buena estructuración de la investigación.











Desde la parte cuantitativa se usarán datos numéricos y científicos para realizar suposiciones y predicciones basados en hipótesis. Mientras desde la parte cualitativa se tomará en cuenta las opiniones y posturas de los posibles usuarios.

Para el desarrollo del proyecto se pretende hacer uso de la metodología ágil SCRUM, comúnmente utilizada en proyectos de desarrollo de software debido a su flexibilidad frente a los cambios que se puedan o se deban realizar conforme el proyecto vaya avanzando.

- Con este método se pueden codificar y probar rápidamente desarrollos de vanguardia, ya que un error puede rectificarse fácilmente.
- Se trata de un método ligeramente controlado que insiste en la actualización frecuente de los avances de los trabajos mediante reuniones periódicas. Por lo tanto, hay una clara visibilidad del desarrollo del proyecto.
- Como cualquier otra metodología ágil, esta es también de naturaleza iterativa. Requiere una retroalimentación continua por parte del usuario.
- Es más fácil entregar un producto de calidad en un tiempo programado.
- Los gastos generales en términos de proceso y gestión son mínimos, lo que permite obtener un resultado más rápido y económico.

Cada fase será establecida por los objetivos específicos que a su vez serán un entregable en el plazo establecido en el cronograma.

*Tabla 3. Actividades que deben realizarse para los objetivos del proyecto*

		Nombre	Duracion	Inicio	Terminado
1		<b>PROYECTO</b>	<b>76 days?</b>	<b>9/08/18 08:00 PM</b>	<b>22/11/18 11:00 PM</b>
2		1. reunion asesor tematico	6 days?	9/08/18 08:00 PM	16/08/18 11:00 PM
3		2. acta de inicio	6 days?	16/08/18 08:00 PM	23/08/18 11:00 PM
4		3. correccion documento	6 days?	23/08/18 08:00 PM	30/08/18 11:00 PM
5		<b>4. desarrollo de los objetivos</b>	<b>61 days?</b>	<b>30/08/18 08:00 PM</b>	<b>22/11/18 11:00 PM</b>
6		4.1 Revisar el estado del arte en ...	11 days?	30/08/18 08:00 PM	13/09/18 11:00 PM
7		4.2 Investigar el uso de estructura...	11 days?	13/09/18 08:00 PM	27/09/18 11:00 PM
8		4.3 Analizar e integrar la informac...	11 days?	27/09/18 08:00 PM	11/10/18 11:00 PM
9		4.4 Investigar y comparar diversa...	11 days?	11/10/18 08:00 PM	25/10/18 11:00 PM
10		4.5 Desarrollar el sistema de com...	11 days?	25/10/18 08:00 PM	8/11/18 11:00 PM
11		4.6 Implementar el sistema de co...	11 days?	8/11/18 08:00 PM	22/11/18 11:00 PM
12		5. exposicion	6 days?	11/10/18 08:00 PM	18/10/18 11:00 PM

Fuente: Propia

## 9. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 9.1. Investigación inicial para establecer las bases del proyecto

Luego de haber establecido que metodología se manejara, se empieza a generar el desarrollo de cada uno de los objetivos establecidos previamente comenzando con

la indagación acerca de IoT y servicios de nube, aplicado a ciclo parqueaderos y sistemas de comunicación, para establecer antecedentes y revisar casos de éxito.

Para el objetivo en mención (véase estado del arte), se encontró una gran variedad de antecedentes, normalmente orientados al uso de periféricos que se adaptan a la bicicleta de manera que permiten su rastreo (en caso de usar tecnologías GPS), generan alarmas con niveles de sonido bastante altos, entre otras opciones la solución la venden integrada a la bicicleta para que de esta manera las personas que pretendan hurtar el vehículo no logren identificar dispositivos de rastreo, entre la gran variedad de opciones se encuentran diferentes tipos de seguro para que no sea posible remover la bicicleta de la base a la cual se encuentra sujeta.

En lo que se refiere a el IoT y los servicios de nube orientados a ciclo parqueaderos, se encontró que las opciones o alternativas de solución existentes, en su gran mayoría, hacen uso de almacenamiento en la nube para datos de ubicación de la bicicleta, algunas opciones registran datos de la actividad física realizada (en los casos de soluciones integradas al vehículo), pero este tipo de información en lo referente a seguridad no es relevante.

Para las soluciones que hacen uso de IoT, se encontraron una serie de soluciones que hacen conectividad NFC, comúnmente del dispositivo móvil (celular o Tablet), para generar el desbloqueo del equipo, en otros casos se evidenció que por medio de una conexión bluetooth (BLE en las soluciones más recientes), desde aplicaciones se genera el mismo desbloqueo del equipo, este tipo de soluciones permiten que el usuario no tenga una dependencia a unas llaves, pero obliga al usuario a tener el dispositivo móvil todo el tiempo y encendido para cuando quiera remover el bloqueo.

Entre las opciones de solución encontradas se evidenció, que la mayoría hace uso de comunicación inalámbrica, la razón de esto es el desarrollo orientado a ciudades inteligentes y la evolución de las redes en diversas partes del mundo, situación que no es la misma que en Colombia, debido a esto las soluciones locales encontradas presentan una necesidad de conectividad permanente a redes Wi-Fi, según lo encontrado.

Así como las soluciones previamente mencionadas, muchas soluciones se enfocan a la bicicleta, el proyecto en desarrollo está enfocado en el lugar donde se reposará la misma, las opciones orientadas al lugar de almacenamiento (ver marco teórico) también se presentan en países ajenos a Colombia, entre las más eficientes se encuentra Bikeep, pero requiere de una persona que esté a cargo de la seguridad presencial, lo que causa que la viabilidad de la solución sea cuestionable. No obstante, en octubre de 2017 se creó una opción bastante similar a la propuesta que se expone en este documento, bajo una tesis de maestría en la Universidad Santo Tomas se creó una unidad que administra espacios de parqueadero, mide variables meteorológicas y es administrada desde un sitio web, la solución también está orientada a IoT.

Los resultados de la investigación realizada permitieron identificar ciertos aspectos que serán la base del desarrollo del proyecto:

- Las alternativas existentes, en su gran mayoría, están orientadas a periféricos para la bicicleta o dispositivos instalados en la misma, hay una serie de opciones cuyo foco es el almacenamiento de las bicicletas, pero su propósito no está orientado a la seguridad (a excepción de dos).
- Las opciones de comunicación más usadas son redes inalámbricas o exclusivas de dispositivos IoT.
- El uso de servicios de nube es bastante básico, no hacen un amplio uso de las opciones que hoy en día se encuentran disponibles.
- La dependencia a tener un dispositivo móvil con una conexión a internet activa, en muchas soluciones, es estrictamente necesario.

Basado en estas conclusiones se empieza a investigar y generar el desarrollo de una solución que sea eficiente y que sea diferente a las que existen actualmente.

## **9.2. Investigar el uso de estructuras de ciclo parqueaderos para adoptar la forma más efectiva en el prototipo.**

Luego de obtener las conclusiones del apartado anterior, se presenta la necesidad de determinar en qué tipo de estructura se va a usar la solución que se desarrollará, con la intención de generar el producto final, pensando en el aspecto físico sobre el cual se usará. Para determinar el arreglo más efectivo partimos del hecho que en el mundo existen diferentes estudios que relacionan la sostenibilidad ambiental en el área de la movilidad. Se plantea un sin número de opciones para buscar un aumento en el uso de la bicicleta, dentro de dichas estrategias existen una variedad de estructuras para parquear la bicicleta, pero no todas se adaptan a nuestras condiciones y necesidades, para el desarrollo de este apartado se investiga y revisa documentación de los estudios realizados para seleccionar la estructura de parqueo que se debe utilizar para la implementación del sistema de comunicación.

Existen varios criterios que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar el mejor estacionamiento de bicicletas, los dos más importantes son: criterio de los usuarios y criterio del administrador. El criterio de los usuarios parte de la necesidad que existe por encontrar un lugar donde parquear la bicicleta en su recorrido, un lugar que sea de fácil acceso y que brinde seguridad, el estudio de estacionamientos para bicicletas “Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones” menciona: “Existen algunas variables en cuanto al diseño del estacionamiento que determinan la decisión de hacer uso de este o no. Estas variables determinan qué tipo de estacionamiento genera un mayor beneficio para el usuario en cuanto a seguridad, la comodidad de uso del estacionamiento, facilidad de uso del estacionamiento”<sup>9</sup>.

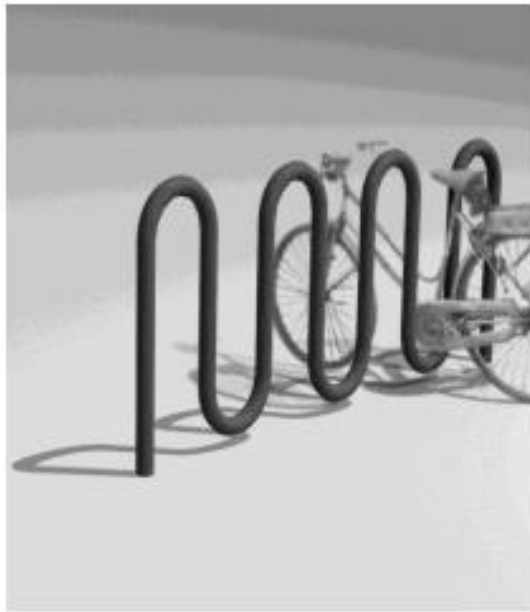
Actualmente existen diferentes modelos de estacionamientos para las bicicletas, algunos de estos modelos no cumplen su función ya que los diseños no tuvieron en cuenta todos los requerimientos de los interesados, en este caso los usuarios, abordaremos los modelos que compara el estudio que tomamos como base para analizar las ventajas y desventajas a las cuales concluyeron.

En el mobiliario urbano de Bogotá se muestran dos opciones de parqueaderos, las cuales se muestran en la figura 1:

---

<sup>9</sup> Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Available at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Accessed 2 Oct. 2018].

Figura 1. Parqueadero M 100 y parqueadero M 101



TIPO 1 – M 100 (ONDA)



TIPO 2 – M 101 (TOSTADOR)

Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado el 2 oct. 2018].

Basados en la información que brinda el estudio respecto a estos dos parqueaderos se puede concluir que las opciones tienen problemas de diseño y funcionalidad ya que “M 100 No permite entender de manera fácil e intuitiva la forma en que se debe anclar la bicicleta, además no permite dar estabilidad a la bicicleta mientras se amarra o cierra el seguro, cualquiera que se utilice (cadena, guaya, U-lock), lo cual supone una gran incomodidad y esfuerzo para el usuario”<sup>10</sup>.

Respecto a M101 es el modelo que más se utiliza en Bogotá y se concluye que “Requiere de mucho espacio por la disposición enfrentada de las bicicletas, sólo permite asegurar la rueda delantera, el espacio reducido donde ingresa la llanta delantera es muy estrecho para algunas bicicletas, especialmente si esta tiene guardabarros y no permite que la llanta pase con facilidad, maltratando la bicicleta”<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Ibid., p. 9.

<sup>11</sup> Ibid., p. 10.

El parqueadero tipo gancho (Ilustración 2) es muy sencillo gracias a su diseño, tiene como ventajas el espacio que ocupa y el costo, dentro de las desventajas no se puede asegurar toda la bicicleta y es complicado de usar para personas como niños, mujeres y adultos mayores

*Figura 2. Parqueadero de gancho*



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado el 2 oct. 2018].

Post and loop, es otro modelo de estacionamiento sencillo que se ha implementado en Toronto y algunos lugares de Barcelona. Tiene como ventajas que ocupa muy poco espacio, asegura toda la bicicleta, fácil construcción.

*Figura 3. Parqueadero Post and Loop*



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado el 2 oct. 2018].

La siguiente opción que se encuentra en el estudio revisado, es el estacionamiento de dos niveles (ver ilustración 4), este es un parqueadero que tiene dos pisos para guardar bicicletas dentro de sus ventajas encontramos su capacidad además de su fácil uso, en sus desventajas tenemos que es muy costoso además que necesita un mantenimiento continuo, en la ilustración 5 se muestra el uso del segundo nivel.

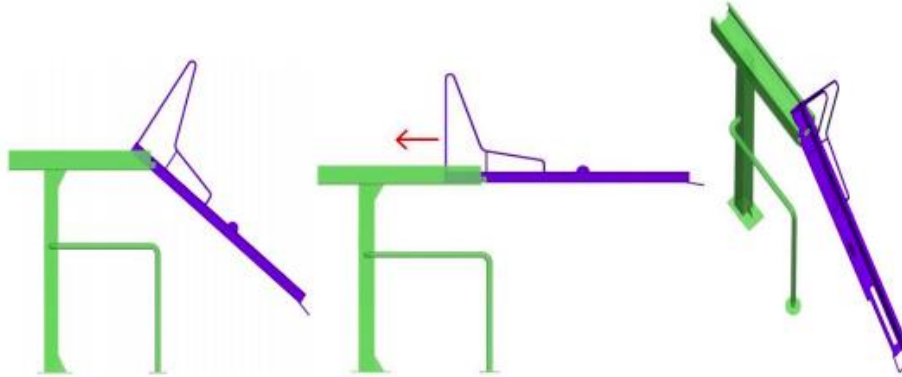
*Figura 4. Parqueadero de dos pisos*



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado el 2 oct. 2018].



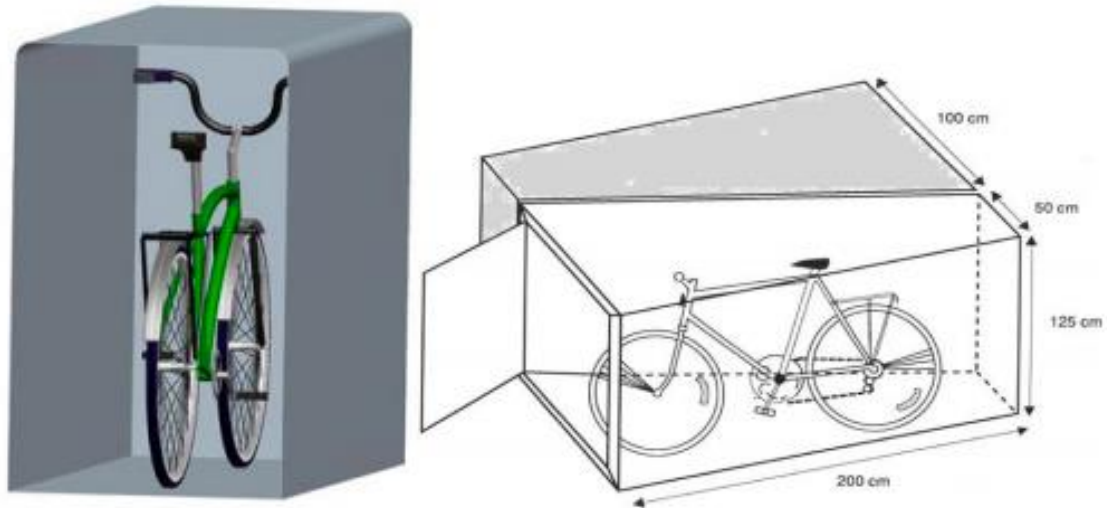
Figura 5. Funcionamiento parqueadero de dos pisos



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado el 2 oct. 2018].

El locker (ver ilustración 6) es otro tipo de parqueadero, el cual brinda una máxima seguridad, pero hay que tener en cuenta que es mucho más costoso, además que necesita mucho más espacio.

Figura 6. Parqueadero locker



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf>



content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf [Consultado el 2 oct. 2018].

La siguiente opción encontrada es la u invertida (ilustración 7), este es uno de los modelos de parqueadero más sencillo, es utilizado en ciudades como Barcelona y Londres, entre sus ventajas se encuentra el poco espacio que utiliza, además que se puede asegurar la bicicleta completamente, tiene una fácil construcción y mejor practica a nivel internacional.

*Figura 7. Parqueadero U invertida*



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado el 2 oct. 2018].

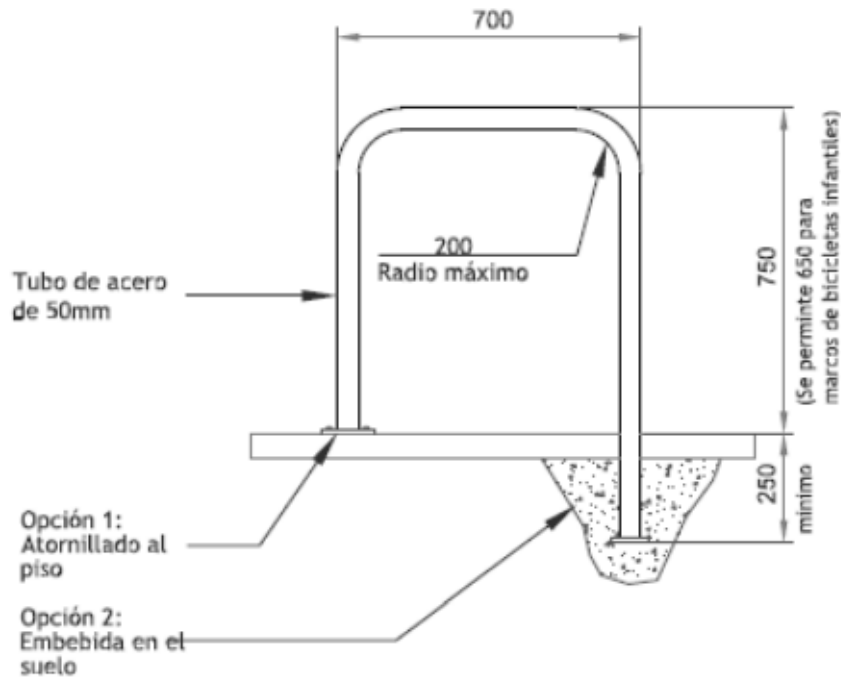
Una vez realizada la revisión de las estructuras que se usan, no solo en Bogotá sino también en otras ciudades del mundo, se concluye (con apoyo del estudio encontrado) que el modelo de parqueadero de u invertida es el mejor respecto a los usuarios y administradores por su beneficio que se ve reflejado en servicio vs costo.

El diseño que tiene el estacionamiento se encuentra detallado y especificado en la cartilla de mobiliario urbano de Bogotá. A continuación, se presentan dichas especificaciones:

- **MEDIDAS**

El ciclo parqueadero en u invertida tiene las siguientes medidas: 700 mm de ancho, de 650 mm a 750 mm de alto, es permitida la medida de 650 mm para bicicletas de niños, cuenta con un radio máximo de 200 mm y 50 mm de diámetro, en la figura 8 se aprecia un diagrama de cómo se verían aplicadas estas medidas en el ciclo parqueadero.

Figura 8. Medidas ciclo parqueadero



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado el 2 oct. 2018].

Hay que tener en cuenta que la instalación debe tener un muy buen anclaje para que garantice la seguridad y estabilidad de la bicicleta.

- **MATERIALES**

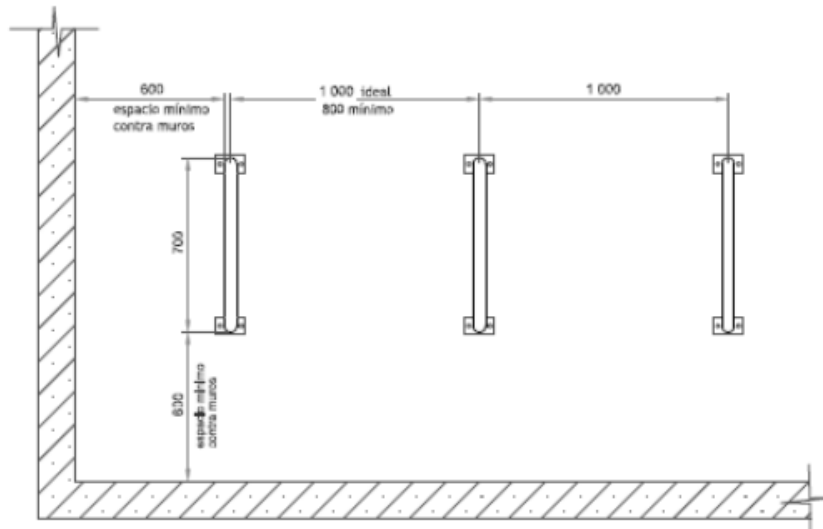
Se recomienda que sea en acero inoxidable, si se desea cambiar el color se debe utilizar pintura electroestática bicapa para dar una buena terminación sobre el material.

- **LOCALIZACION**

El ciclo parqueadero se puede ubicar de manera individual o secuencial, depende del espacio que tengamos, se debe tener en cuenta el espacio entre cada ciclo parqueadero ya que debe permitir el acceso del usuario como de la bicicleta, el espacio que se requiere entre cada ciclo parqueadero es de 1000 mm y 800 mm, si el ciclo parqueadero esta contra una pared se recomienda que tenga una

distancia de 600 mm, en la figura 9 se muestra cómo se deberían ubicar los ciclo parqueaderos.

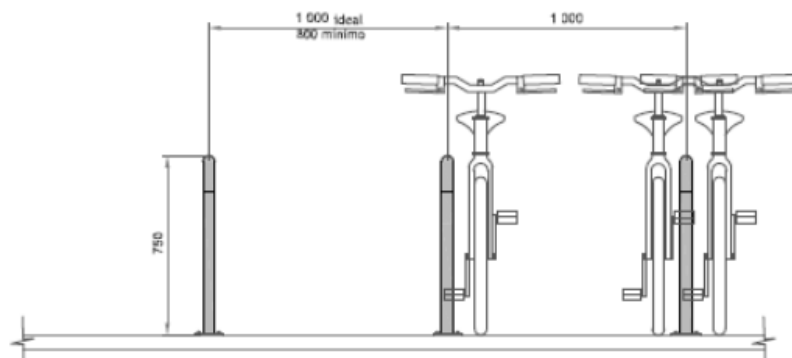
*Figura 9. Localización ciclo parqueadero*



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado el 2 oct. 2018].

En la figura 10 se representa la manera en que quedaría el ciclo parqueadero.

*Figura 10. Visualización final ciclo parqueadero*



Fuente: Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *stacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [ebook] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf>

content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf [Consultado el 2 oct. 2018].

Basados en la investigación que se realizó en el desarrollo de este capítulo y la elección de la forma de ciclo parqueadero sobre la cual se hará el diseño de la solución, se concluye que para los próximos capítulos se debe tener en cuenta la forma y características de esta elección para poner en consideración la manera en que la solución final será integrada de manera física.

### **9.3. Analizar e integrar la información recolectada para determinar los requerimientos técnicos y funcionales que necesita el desarrollo del proyecto.**

Luego de haber realizado un análisis de las soluciones que actualmente existen y de determinar cuál será la base física de parqueadero sobre la cual se hará el desarrollo, se retoman los resultados del primer capítulo con la intención de evaluar cuáles serán los aspectos que harán la diferencia de la solución con las alternativas que ya se encuentran disponibles, para esto se analizaran 4 componentes que se consideran imprescindibles.

1. **Tecnología de comunicación:** Como se vio en el estado del arte, se pretende inicialmente que la solución realice notificaciones lo más pronto posible, para lo cual se necesitará una tecnología de comunicación que posea una disponibilidad cercana al 95% (no se hace referencia a un 100% debido a la dificultad de garantizar que la solución no presente ninguna falla).
2. **Sistema de notificaciones:** Se establece que es necesaria la generación de notificaciones para alertar al usuario con respecto al estado de su bicicleta, en este sentido, la tecnología de comunicación que se escoja estará directamente relacionada con el tipo de notificaciones que se enviarán, debido a que el propósito que se desea es alertar al usuario lo más pronto posible, la notificación que se genere debe tener la capacidad de visualizarse tan pronto como el vehículo se vea comprometido, en este orden de ideas se debe plantear un mecanismo de notificación que presente el más mínimo número de requerimientos por parte del usuario (conectividad a internet, capacidad de visualizar correo electrónico, recepción de llamadas, etc.).
3. **Sensor:** Se pretende hacer uso de un dispositivo que detecte cualquier alteración que se presente en la bicicleta y que este sea el detonante/disparador que active la generación de notificación al usuario.

4. **Sistema de bloqueo/desbloqueo:** Para el uso del parqueadero se debe establecer la manera en que el mismo se bloquee y desbloquee para el aparcamiento de las bicicletas.

Debido a la complejidad del primer requerimiento, se realizará la investigación respectiva en el siguiente capítulo, con la intención de revisar a profundidad diversas tecnologías de comunicación y hacer uso de la que más se ajuste al propósito con el que debe cumplir el producto final.

En lo referente a el sistema de notificaciones, considerando que se pretende enviar alertas que el usuario pueda ver en cuestión de segundos y poder actuar frente al riesgo inminente al que está expuesta su bicicleta, se consideraron tres opciones de notificación con su respectivas ventajas y desventajas:

- **Correo electrónico:** Esta opción permite el envío de mensajes compuestos (archivos multimedia) y es gratuito, el principal inconveniente radica en su dependencia a la conectividad a internet tanto del emisor como receptor y la necesidad de visualizar desde una aplicación móvil o desde un computador.
- **Notificación de aplicación:** Esta opción permite el envío de alertas por medio de notificaciones push, el principal inconveniente es la conectividad del dispositivo a la red y la conectividad de la aplicación con el hardware que hará envío de información.
- **SMS:** Esta opción permite envíos de manera rápida con información simple (texto plano), tiene un costo muy bajo, su principal inconveniente es la dependencia a que el terminal receptor este encendido.

Teniendo en cuenta las características descritas previamente, la opción más efectiva es el uso de SMS para el sistema de notificaciones debido a su independencia de la conectividad a internet en el terminal receptor, esta característica también permite generar y recibir la alerta en el menor tiempo posible.

Este envío se hará a través de una de las soluciones que existen actualmente para lenguajes de programación para el envío de mensajes, como se hará uso de Python se debe hacer la revisión de las alternativas de envío de mensajes de texto que existen para este lenguaje de programación.

Para el envío de SMS desde la Raspberry Pi 3, se requiere de una solución que permita que el lenguaje de programación que se use haga esto. Entre las diversas y más populares opciones se encuentran las siguientes:

- **Twilio:** Es una plataforma de desarrollo de comunicaciones. Los equipos de software utilizan las API de Twilio para añadir funciones como voz, vídeo y mensajería a sus aplicaciones. Esto permite ofrecer la experiencia de comunicación adecuada. Detrás de las APIs de Twilio hay una Super Red,

una capa de software que conecta y optimiza las redes de comunicaciones en todo el mundo. Esto es lo que permite a sus usuarios llamar y enviar mensajes de forma fiable a cualquier persona en cualquier lugar.

Twilio usa, API y SDK para enviar y recibir mensajes SMS, MMS e IP globalmente desde su aplicación web y móvil, y utilizar funciones de entrega inteligente para garantizar que los mensajes lleguen.

- Nexmo: Nexmo ofrece muchas opciones diferentes para comunicarse con suscriptores telefónicos en varios países. De hecho, Nexmo ofrece números de voz en 90 países diferentes y números de texto SMS en 35 países diferentes. Puede pagar por segundo por el servicio en lugar de por minuto, lo que puede ayudar a ahorrar dinero en servicios telefónicos para uso a nivel internacional o utilizando las comunicaciones con otros países de forma regular.  
Nexmo utiliza enrutamiento adaptable como Twilio, y tiene una red de operadores directos con los que trabaja. Nexmo tiene una red de operadores directos, lo que le permite obtener excelentes precios y servicio en las comunicaciones. Debido a que no se está limitado a un solo operador, se puede ahorrar una enorme cantidad de dinero cambiando dinámicamente a diferentes operadores dependiendo de las necesidades de cada momento.
- Plivo: Plivo ofrece al menos dos operadores locales en cada país para los que proporciona cobertura, lo que facilita la disponibilidad de una alternativa en caso de problemas de tiempo de actividad u otros problemas de red con su servicio. Se proporciona cobertura a más de 50 países para los números de voz y a 19 países para las comunicaciones de texto SMS, que pueden parecer un poco más pequeñas que algunos otros servicios, pero que siguen teniendo una fuerte cobertura internacional.
- Telnyx: Telnyx puede ayudarle a ahorrar dinero en comparación con el costo de Twilio, pero también ofrece un servicio de alta calidad y un excelente servicio al cliente. Ofrecen servicios de comunicaciones en nube sólidos, por lo que sí está buscando un proveedor de VoIP que ofrezca un entorno de API de comunicaciones.
- AWS-SNS: Amazon SNS permite a los usuarios enviar mensajes a Windows, Google, Apple y ciertos dispositivos inteligentes conectados a Internet utilizando una interfaz de programación de aplicaciones (API) o la consola de gestión AWS. Una vez que un mensaje es publicado en el servicio, puede ser enviado varias veces a diferentes destinatarios. Los usuarios del servicio también tienen la flexibilidad de enviar mensajes

directos a varios dispositivos o a un suscriptor utilizando una única solicitud de publicación.

Para empezar con Amazon SNS, los desarrolladores primero tienen que crear un tema, que es un punto de acceso para los suscriptores que estén interesados en recibir notificaciones sobre un tema específico. Los desarrolladores publican un mensaje sobre un tema cuando tienen una actualización para los suscriptores y esta acción hace que Amazon SNS distribuya el mensaje a todos los suscriptores apropiados.

Amazon SNS tiene precios de pago sobre la marcha y no tiene costos por adelantado. Los usuarios que se suscriben a AWS Free Tier reciben 1 millón de notificaciones push móviles. Los propietarios de los temas pueden establecer políticas que especifiquen qué tipos de protocolos serán compatibles. También se pueden utilizar para limitar quién puede suscribirse a las notificaciones o publicar mensajes. Los suscriptores, que también se denominan clientes, pueden elegir cómo se entregarán las notificaciones.

Debido a que se busca una solución más efectiva y que use servicios y recursos disruptivos, se hará uso de la última opción descrita, AWS-SNS.

En términos de costos AWS-SNS presenta otra razón llamativa por la cual se eligió entre las diversas alternativas a envío de mensajes existentes, debido a que esta opción presenta la siguiente relación costo-servicio:

*Tabla 4. Costos por mensaje para los operadores*

Outbound		Inbound	
Network/ HNI	Transactional SMS	Promotional SMS	
Avantel / 732 130	\$0.00439	\$0.00439	
Colombia Movil - Tigo / 732 103	\$0.00439	\$0.00439	
Colombia Movil - Tigo / 732 111	\$0.00439	\$0.00439	
Comcel / 732 101	\$0.00439	\$0.00241	
Compatel Colombia / 732 004	\$0.00439	\$0.00439	
ETB / 732 187	\$0.00439	\$0.00329	
Lleida / 732 003	\$0.00439	\$0.00439	
Movistar-Cocelco / 732 102	\$0.00439	\$0.00358	
Movistar-Cocelco / 732 123	\$0.00439	\$0.00358	
Movistar-Cocelco / 732 154	\$0.00439	\$0.00358	
Tigo / 732 001	\$0.00439	\$0.00439	
Tigo / 732 165	\$0.00439	\$0.00439	
Tigo / 732 208	\$0.00439	\$0.00439	
Une EPM / 732 002	\$0.00439	\$0.00439	
Une EPM / 732 020	\$0.00439	\$0.00439	

Fuente: <https://aws.amazon.com/es/sns/sms-pricing/>

Con lo cual se establece que a cualquier operador el envío de un millón de mensajes costaría tan solo 4390 pesos colombianos, lo cual en términos de costo beneficio permite que la solución sea más llamativa.

En relación al sensor que captara la información se precisa de un dispositivo que permita monitorear la presencia de la bicicleta en el parqueadero y que de la misma manera detecte si la posición estática de la bicicleta ha sido alterada. Para estos propósitos se plantea el uso de un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra, en su funcionamiento envía un pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. Estas características comparadas con la función que se desea que cumpla el dispositivo sensor para la solución propuesta se ajusta perfectamente, por lo tanto, en el capítulo de la implementación del hardware se hará la descripción del sensor que será utilizado.

En el caso del ultimo requerimiento, para el bloqueo y desbloqueo de la unidad, se contemplaron dos opciones: crear una aplicación móvil que se conectara al hardware que se ubicara en el parqueadero y como segunda opción se planteó el uso de un sistema que hiciera uso de tarjetas RFID para su autenticación. Debido



a que el uso de una aplicación causaría una dependencia en el equipo del usuario a internet, se optó por el sistema que usara tarjetas RFID. Para este sistema se propone hacer uso de una base de datos en la cual el identificador de cada tarjeta RFID esté relacionado con los datos del usuario que aparcara su bicicleta y de esta manera se relacionará el parqueadero que sea afectado con los datos del usuario para el envío de SMS.

Las conclusiones después de evaluar 3 de los 4 requerimientos se presentan a continuación:

- El sistema de notificaciones que se usará es el envío de mensajes SMS.
- El tipo de sensor que se usará para monitorear alteraciones en el estado de la bicicleta mientras este en el parqueadero, será un sensor de ultrasonido.
- El sistema de bloqueo/desbloqueo que se usará será por medio de un lector de tarjetas RFID.

Estos parámetros serán retomados para el desarrollo y programación de la solución, en el siguiente capítulo se realizará la investigación, que permitirá escoger la tecnología de comunicación más efectiva para los parámetros que se desean en el funcionamiento de la solución final.

#### **9.4. Investigar y comparar diversas tecnologías de comunicación para determinar la más efectiva basada en los requerimientos definidos para el proyecto.**

Luego de establecer la gran mayoría de los requerimientos que se desean para la solución final del proyecto, se requiere determinar la tecnología de comunicación que se usara para el producto final. Entre las varias opciones de tecnologías de comunicación usando por dispositivos IoT, en la Tabla 4 se presenta una comparativa entre las más populares evaluando 7 características.

*Tabla 5. Comparación tecnologías de comunicación IoT*

TECNOLOGÍA	CONSUMO	ALCANCE	MADUREZ	DISPONIBILIDAD	SEGURIDAD	USABILIDAD	TASA DE DATOS
GSM/GPRS	Muy alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Alta	Alta	Alta
SigFox	Bajo	Medio	Alto	Medio	Media	Alta	Muy Baja
LoRa	Bajo	Medio	Bajo	Muy bajo (ad hoc)	N A	Baja	Muy Baja
NB IoT							
WiFi	Alto	Bajo	Muy Alto	Alto	Baja	Alta	Muy Alta
BLE	Muy Bajo	Muy Bajo	Alto	Bajo	Baja	Media	Baja
ZigBee	Medio	Bajo	Medio	Muy Bajo	Alta	Baja	Baja

Fuente: EFOR. Tecnologías de comunicación para IoT [en línea]. España: 2012. [Consultado: 6 de diciembre de 2016]. Disponible en Internet: <https://www.efor.es/sites/default/files/tecnologias-de-comunicacion-para-iot.pdf>

Según el estudio técnico de tecnologías de comunicación para IoT, se deben tener ciertos principios básicos para una red de comunicación, “bajas velocidades de datos, baja frecuencia de transmisión, movilidad y servicios de localización,

conexiones bidireccionales seguras, bajo consumo de energía, largo alcance de comunicación”<sup>12</sup>.

Para evaluar con mayor rigurosidad cada una de las tecnologías de comunicación que se tienen como opción para el desarrollo del proyecto, se presentan a continuación breves descripciones de cada una de éstas:

- **M2M**

Este sistema de comunicación ha sido una de las principales apuestas por parte de las empresas del sector de las telecomunicaciones para IoT, el M2M (Machine to Machine), nació del modelo GPRS, vinculando la tarjeta SIM y el pago por Mbyte transmitido, lo que ahora conocemos como 3G/4G.

El M2M es uno de los principales enemigos del IoT, así lo afirma el estudio de tecnologías de comunicaciones para IoT, “por su difícil escalabilidad, cobertura asociada a un operador y coste vs datos transmitidos”<sup>13</sup>. Además de esto debemos tener en cuenta otras características “el alto coste energético que suponen las transmisiones de datos en tecnología 3G y 4G conlleva un peaje importante, a menudo inasumible en equipos que deben ser desplegados en campo y alimentados por batería”<sup>14</sup>.

El Internet y la mejora de los estándares de la tecnología inalámbrica han ampliado el papel de la telemetría desde la ciencia pura, la ingeniería y la fabricación hasta el uso cotidiano en productos como las unidades de calefacción, los contadores eléctricos y los dispositivos conectados a Internet, como los electrodomésticos.

Más allá de ser capaz de monitorear remotamente los equipos y sistemas, los principales beneficios de M2M incluyen:

- Reducción de costes al minimizar el mantenimiento de los equipos y el tiempo de inactividad.
- Aumento de los ingresos al revelar nuevas oportunidades de negocio para el servicio de productos en el campo.
- Mejorar el servicio al cliente mediante la supervisión y el mantenimiento proactivos de los equipos antes de que fallen o sólo cuando se necesiten.

---

<sup>12</sup> EFOR. Tecnologías de comunicación para IoT [en línea]. España: 2012. [Consultado: 6 de diciembre de 2016]. Disponible en Internet: <https://www.efor.es/sites/default/files/tecnologias-de-comunicacion-para-iot.pdf>

<sup>13</sup> Ibid., p. 3.

<sup>14</sup> Ibid., p. 4.

- **SIGFOX**

Sigfox es una red de comunicación basada en (UNB) modulación ultra narrow band, “es la red de comunicaciones LPWAN (Low-power Wide-area network) específica para IoT más extendida a nivel mundial, con una cobertura próxima al 98% del territorio europeo y americano”<sup>15</sup>.

Los principales motivos para implementar sigfox en proyectos de IoT aparte de su cobertura y despliegue, es que “los fabricantes de dispositivos IoT se han adaptado a su tecnología y facilitan la subida de datos a la nube de Sigfox quedando disponibles en los servidores de la compañía para su acceso a través de cualquier conexión a Internet”<sup>16</sup>.

Por otra parte, al trabajar en una frecuencia no licenciada podrían ser reguladas por las entidades públicas y adquiridas por grandes empresas de telecomunicaciones que les apuestan a otras tecnologías, sigfox opera en la banda de 868MHz en Europa y en la banda de 902MHz en Estados Unidos.

- **LoRa**

El modelo de negocio de LoRa es similar al de sigfox, es otra red LPWAN, con tecnología algo diferente ,ya que utiliza un espectro de comunicación mayor que el de sigfox, la mayor diferencia entre estas dos redes de comunicación es que LoRa esta mejor preparada para una comunicación bidireccional en tiempo real, además las especificaciones y restricciones que tiene en cuanto comunicar los equipos es menos estricta que sigfox, por otra parte la cobertura que tiene LoRa es menos comparada con la de sigfox.

- **NarrowBand IoT**

NarrowBand IoT (NB IoT) es otra red con tecnología LPWAN, una gran apuesta por parte de los operadores de telecomunicaciones, su gran ventaja es que el espectro que utiliza esta en el rango de 4G o LTE, lo que asegura su despliegue y explotación comercial gracias a la red que actualmente está desplegada, según Efor “el despliegue de la red, la puesta en marcha de esta tecnología y las bondades de la misma están pendientes de ser analizadas por los expertos y por los propios clientes, ya que, por ejemplo, esta red en España está desplegada solo

---

<sup>15</sup> Ibid., p. 4.

<sup>16</sup> Ibid., p. 4.

en Madrid y Valencia a modo de test, aunque se espera que a lo largo de 2017 nuevos nodos pongan en funcionamiento la red de NB IoT”<sup>17</sup>.

- **BLE**

El BLE o bluetooth de baja energía es otra de las muchas tecnologías inalámbricas de comunicación que se aplican en determinados sectores del IoT, permite la interacción de pequeños dispositivos que se desarrollaron para usar bluetooth con el fin de enviar pequeños paquetes de datos, “el BLE está siendo la tecnología utilizada para dispositivos pequeños (aquellos que usan como batería una pila de botón), para dar servicios de señalización y localización de dispositivos, y que pueden durar meses gracias a la baja tasa de transmisión de datos que presentan”<sup>18</sup>.

Esta tecnología ayudara para desarrollar proyectos relacionados con IoT, sin embargo, uno de los problemas que existe es su corto alcance, ya que la tendencia es el emparejamiento punto a punto por la necesidad que existe, es por esta razón que se reduce su utilización en entornos de redes de sensores.

- **ZigBee**

La Radiodifusión de bajo consumo que ofrece ZigBee tiene ciertas ventajas en aplicaciones domesticas e industriales ,Bajo consumo, mayor seguridad, una robustez notable, escalabilidad y soporta gran cantidad de nodos, pese a esto esta tecnología inalámbrica no es tan favorable en proyectos de IoT que necesiten una cobertura mayor a 100 metros, “La principal función de ZigBee, es la de crear una topología de red jerárquica para que un número de dispositivos se comuniquen entre ellos, además de establecer características adicionales de comunicación tales como la autenticación, encriptación, de asociación y en los servicios de aplicación de la capa superior”<sup>19</sup>.

- **Wi-Fi**

Las redes Wi-Fi no tienen conexión física por cable entre el emisor y el receptor mediante el uso de la tecnología de radiofrecuencia (RF), una frecuencia dentro del espectro electromagnético asociada con la propagación de ondas de radio. Cuando se suministra una corriente de RF a una antena, se crea un campo electromagnético capaz de propagarse a través del espacio.

---

<sup>17</sup> Ibid., p. 4.

<sup>18</sup> Ibid., p. 4.

<sup>19</sup> Ibid., p. 5.

La piedra angular de cualquier red inalámbrica es un punto de acceso (AP). La tarea principal de un punto de acceso es emitir una señal inalámbrica que los ordenadores puedan detectar y sintonizar. Para conectarse a un punto de acceso y unirse a una red inalámbrica, los ordenadores y dispositivos deben estar equipados con adaptadores de red inalámbricos.

- **GSM**

GSM es un módem de comunicación móvil; significa sistema global para la comunicación móvil (GSM). La idea del GSM fue desarrollada en los Laboratorios Bell en 1970. Es un sistema de comunicación móvil ampliamente utilizado en el mundo. GSM es una tecnología celular abierta y digital utilizada para la transmisión de servicios móviles de voz y datos que opera en las bandas de frecuencia de 850MHz, 900MHz, 1800MHz y 1900MHz.

El sistema GSM se desarrolló como un sistema digital que utiliza la técnica de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA) con fines de comunicación. Un GSM digitaliza y reduce los datos, y luego los envía a través de un canal con dos flujos diferentes de datos de clientes, cada uno en su propia franja horaria. El sistema digital tiene la capacidad de transportar velocidades de datos de 64 kbps a 120 Mbps.

Hay varios tamaños de células en un sistema GSM, tales como macro, micro, pico y células paraguas. Cada celda varía según el dominio de implementación. Hay cinco tamaños de células diferentes en una red GSM: macro, micro, pico y células paraguas. El área de cobertura de cada celda varía según el entorno de implementación.

Basado en las características de cada una de las tecnologías vistas previamente y teniendo en cuenta las necesidades del proyecto, las cuales como se mencionaba en el capítulo anterior, se desea usar una tecnología de comunicación que posea una disponibilidad cercana al 95%, debido a la infraestructura que se posee actualmente en Colombia y por velocidad de notificación que se quiere tener en la solución final, se decide hacer uso de la tecnología GSM.

De esta manera se plantea hacer uso del módulo Adafruit Fona 3G para proveer de conectividad a la red GSM a la Raspberry que será la base de toda la solución. A partir de esto y teniendo en cuenta los requerimientos establecidos en el capítulo anterior, se realizará el desarrollo del sistema de comunicación del cual hará uso el ciclo parqueadero inteligente.

#### **9.4. Desarrollar el sistema de comunicación del que hará uso el ciclo parqueadero inteligente.**

Seguido de la definición total de los requerimientos de la solución que se desea desarrollar, se empezó a hacer uso de la Raspberry Pi 3 para la programación de

los diferentes componentes de la solución. Luego de haber establecido las funciones que se desean en el resultado final, se empezó a hacer la programación de cada uno de los componentes en lenguaje de Python desde la Raspberry Pi 3 Pi 3, al tener 4 requerimientos se requiere desarrollar programación para los siguientes aspectos:


- Lector de tarjetas RFID que establezca relación entre la tarjeta y los datos del usuario.
- Base de datos que pueda reaccionarse con las tarjetas RFID que serán usadas.
- Sensor de ultrasonido que permita detectar la distancia a la que se encuentra la bicicleta, para generar alertas tan pronto como la distancia determinada como segura se vea alterada.
- Envío de mensajes de texto por medio de AWS-SNS.
- Bloqueo y desbloqueo haciendo uso de un actuador lineal.
- Conexión a internet a través de modulo Adafruit FONA 3G.

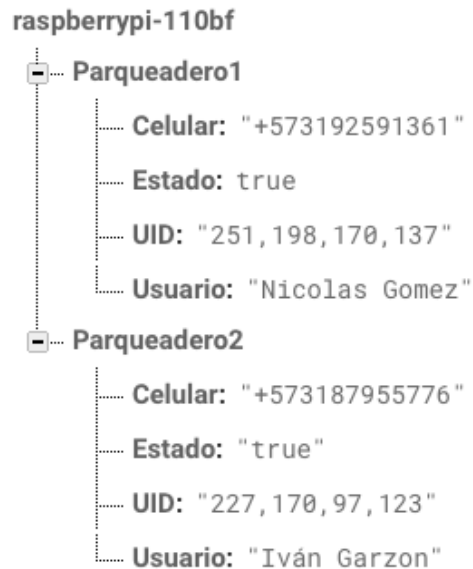
Para el desarrollo de estas funciones se decidió empezar con la base de datos de la que se hará uso, para esta se requiere de una opción que permita establecer conexión con el lenguaje Python y de esta manera se puedan realizar acciones de creación, lectura, actualización y borrado (CRUD), para estos propósitos se usó la herramienta de Google Firebase, herramienta que permite hacer uso de una base de datos que puede ser trabajada y actualizada en tiempo real de manera remota. Adicionalmente a esto, existe una API que permite relacionar Firebase con Python y de esta manera facilitar las acciones previamente mencionadas que se desean realizar, no obstante, se plantea que el administrador del parqueadero deberá visualizar desde un computador la información de los usuarios para el registro. La API que permite esta conexión con Firebase, se denomina Pyrebase y se descarga a la Raspberry Pi 3 pi 3 por medio del siguiente comando:

Pip install pyrebase

Adicional a esto cada vez que se desee hacer uso de la base de datos desde un script de Python se deberá incluir en las primeras líneas del código, las credenciales que permitirán acceder y conectar con la base de datos, en el anexo "CREDENCIALES FIREBASE", se ven las credenciales que se usan para la conexión con la base de datos, la figura 11 presenta la visualización de la base de datos:

Figura 11. Visualización base de datos para el proyecto

 <https://raspberrypi-110bf.firebaseio.com/>



Fuente: Propia

Aunque se ve de estructura sencilla, esta es la base de datos que es llamada desde el programa de Python en la solución que se está desarrollando, en esta el valor clave será "UID" el cual contiene el identificador de las tarjetas RFID, previamente aprobadas para uso en el parqueadero, de esta manera si las tarjetas no han sido aprobadas o no tienen relación con la base de datos no se podrá hacer uso del ciclo parqueadero.

Como se mencionaba previamente se requiere que la base de datos pueda tener acciones CRUD en tiempo real y que estos sean apreciables de inmediato, aunque se realicen en un script de Python, según las pruebas realizadas los cambios se aprecian en la mayor brevedad del tiempo, de la misma manera la llamada de los datos se puede realizar sin ningún problema siempre que las credenciales se hayan relacionado de manera correcta.

El envío de mensajes de texto a través de ASW-SNS, en este apartado se requirió hacer uso de un SDK que básicamente funciona como API para ciertos lenguajes de programación este caso se usó uno llamado boto3, un SDK exclusivo para Python, este es un software que permite escribir código que haga uso de AWS, adicional a esto boto3 proporciona una API fácil de usar y orientada a objetos, así como acceso directo a servicios de funcionamiento "sencillo" (entiéndase esto como interacción sencilla entre el usuario y los servicios de Amazon que no

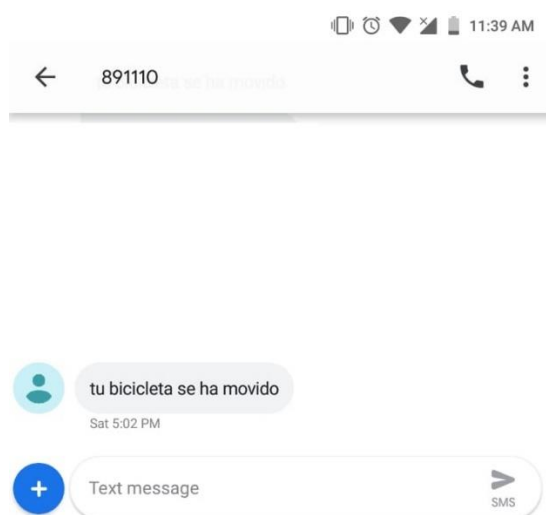
requieren una compleja programación). Para hacer uso de este SDK, lo primero es hacer la instalación del módulo boto3 para que la Raspberry Pi 3 pueda hacer uso de este en los códigos de Python, para esto se inserta el siguiente comando:

Pip install boto3

Una vez instalado, se puede hacer la importación a cualquier script de Python, luego de esto se procede utilizar el código (que se encuentra disponible en internet), el cual se presenta en el anexo “SMS\_AMAZON”. En ese código es bastante sencillo debido a que lo que se realiza es la emulación remota de un envío desde AWS, como se puede apreciar la clave de acceso y clave secreta son códigos que se obtienen luego de crear una cuenta en la página de AWS e indicar datos de facturación para el cobro del envío de los mensajes. El código anterior es para un envío a un único número como se logra apreciar, debido a los objetivos que se han planteado, este código cumple con lo propuesto debido a que solo a un usuario se le debe notificar la alerta sobre el estado de una bicicleta, por lo tanto, cumple con lo requerido.

Hay que tener en cuenta que, para este código, se debería hacer la modificación de el “region\_name” (Ver tabla 6), según la página de Amazon debería indicarse información de Brasil, no obstante, al hacer esta modificación, no se logró tener recepción del mensaje, debido a esto se dejó el campo tal cual como se logra apreciar arriba. Para el envío de mensaje primero se realizó modificando el indicativo y número de teléfono y en un lapso de 5 segundos máximo se recibió el mensaje, el cual para la prueba que se realizó, se obtuvo el siguiente resultado:

*Figura 12. Mensaje recibido*



Fuente: Propia



*Tabla 6. Regiones y puntos de enlace AWS-SNS*

**Amazon Simple Notification Service (Amazon SNS)**

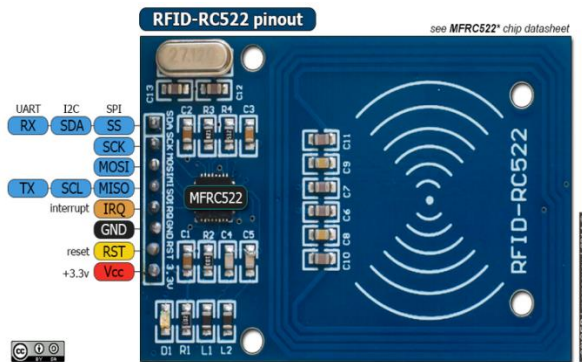
Region Name	Region	Endpoint	Protocol
EE.UU. Este (Ohio)	us-east-2	sns.us-east-2.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
EE.UU. Este (Norte de Virginia)	us-east-1	sns.us-east-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
EE.UU. Oeste (Norte de California)	us-west-1	sns.us-west-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
EE.UU. Oeste (Oregón)	us-west-2	sns.us-west-2.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
Asia Pacífico (Mumbai)	ap-south-1	sns.ap-south-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
Asia Pacífico (Osaka-Local)	ap-northeast-3	sns.ap-northeast-3.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
Asia Pacífico (Seúl)	ap-northeast-2	sns.ap-northeast-2.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
Asia Pacífico (Singapur)	ap-southeast-1	sns.ap-southeast-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
Asia Pacífico (Sídney)	ap-southeast-2	sns.ap-southeast-2.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
Asia Pacífico (Tokio)	ap-northeast-1	sns.ap-northeast-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
Canadá (Central)	ca-central-1	sns.ca-central-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
China (Beijing)	cn-north-1	sns.cn-north-1.amazonaws.com.cn	HTTP and HTTPS
China (Ningxia)	cn-northwest-1	sns.cn-northwest-1.amazonaws.com.cn	HTTP and HTTPS
UE (Fráncfort)	eu-central-1	sns.eu-central-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
UE (Irlanda)	eu-west-1	sns.eu-west-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
UE (Londres)	eu-west-2	sns.eu-west-2.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
UE (París)	eu-west-3	sns.eu-west-3.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
América del Sur (São Paulo)	sa-east-1	sns.sa-east-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS
AWS GovCloud (EE.UU.)	us-gov-west-1	sns.us-gov-west-1.amazonaws.com	HTTP and HTTPS

Fuente: [https://docs.aws.amazon.com/es\\_es/general/latest/gr/rande.html](https://docs.aws.amazon.com/es_es/general/latest/gr/rande.html)

La modificación que se realizó para que esta se adaptara al uso de información de una base de datos se presenta en el Anexo “SMS\_AMAZON”, en este se aprecia que se hace necesario incluir información de autenticación y conexión con la base de datos para que esta pueda ser llamada y puedan hacerse uso de los datos que esta contiene.

Para la función del lector RFID se hizo uso del sensor RC522 (figura 12), cuyo código para ser usado con una Raspberry Pi 3 se encuentra disponible en varias páginas de internet, no obstante, dicho código solo permite la lectura de la tarjeta y la impresión por pantalla del identificador de la tarjeta. Para propósitos del proyecto se requiere que todas las funciones vengan integradas a la lectura de la tarjeta y debido a esto, el código inicial que se encuentra en internet para usar con el sensor se modificó para hacer el llamado a todos los procesos que deben ser realizados al leer la tarjeta.

Figura 13. Sensor RC522



Fuente: <https://saber.patagoniatec.com/2016/07/lector-de-tarjetastags-rfid-rc522-13-56mhz-nfc/>

En el código del lector se incluirán los otros scripts desarrollados para que de esta manera se disparen conforme a lo planteado para los objetivos del proyecto.

Para el sensor de ultrasonido que permite detectar que la bicicleta se encuentre en sus posición estacionaria, se hizo uso del sensor HC-SR04 (Figura 13), al igual que el anterior la configuración de este para su uso con la Raspberry Pi 3 pi 3, se encuentra en varias páginas de internet, pero de la misma manera este tuvo que ser modificado para que cuando se determinara que el objeto al cual se le está midiendo la distancia, se ejecute el script en el cual se hace el envío del mensaje de texto, cabe mencionar que para que no se genere de manera permanente el envío de estos mensajes, se realizó una condición que establece un rango "seguro" de distancia para generar el envío del mensaje cuando la bicicleta se encuentre fuera de este rango. Debido a la sensibilidad del sensor, bajo las pruebas realizadas, habrá ocasiones en las que el envío del mensaje se genere aun cuando la modificación de la distancia sea mínima, esto se toma como una ventaja debido a que para el usuario lo importante es la notificación que se genere frente a cualquier situación de peligro a la que se vea expuesto su vehículo.

Figura 14. Sensor HC-SR04



Fuente: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

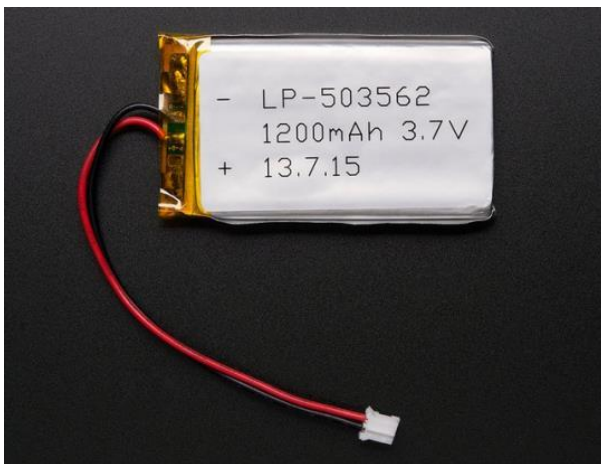
En el apartado de la conectividad a internet, para no depender de redes Wi-Fi y de esta manera facilitar la escalabilidad de la solución, se hará uso de la red GSM a través de la unidad Adafruit Fona 3G para el cual se requieren los siguientes componentes:

*Figura 15. Modulo Adafruit FONA 3G*



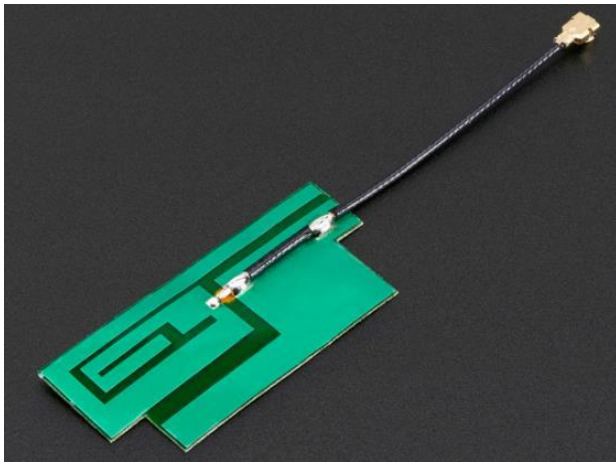
Fuente: <https://learn.adafruit.com/assets/27347>

*Figura 16. Batería de Ion litio - 3.7 v 1200 mAh*



Fuente: <https://www.adafruit.com/product/25834>

*Figura 17. Antena tipo sticker*



Fuente: <https://www.adafruit.com/product/1991>

*Figura 18. Cable USB a TTL Serial*



Fuente: <https://www.adafruit.com/product/954>

El instructivo de cómo hacer el montaje de este dispositivo se tomó del trabajo de grado presentado por el estudiante Johan Andrey Barón Alfaro, en este género el desarrollo de librería en Python para control de instrucciones sobre el módulo de comunicaciones sim5320a, a pesar de esto la configuración para proveer de internet a la Raspberry Pi 3 Pi 3 se obtuvo de un instructivo en línea. Hay que tener en cuenta que el resultado de proveer de internet a la Raspberry Pi 3 a través del puerto USB o serial, limitara la capacidad de navegación, no obstante, para las funciones CRUD entre la Raspberry Pi 3 y la base de datos y la generación de la solicitud para el envío del mensaje por parte de AWS-SNS no se presenta ningún inconveniente en términos de latencia o velocidad de

conectividad. Para establecer la conectividad por medio de este dispositivo, se requiere ejecutar el siguiente comando desde la consola de la Raspberry Pi 3:  
Sudo pon fona

Este comando no genera ninguna respuesta visible, pero en segundo plano se está agregando una configuración que permitirá obtener conectividad a internet a través del puerto serial, situación que podrá ser confirmada ejecutando el comando para visualizar la información de las direcciones IP.

En conclusión, se presenta que la solución funciona de la siguiente manera:

1. Encender modulo Adafruit FONA 3G.
2. Ejecutar comando que activa la provisión de internet por parte del modulo Adafruit FONA 3G a la Raspberry Pi 3.
3. Ejecutar script de lectura de RFID.
4. Ejecutar script de sensor de proximidad (este funcionara en paralelo con el script anterior).
5. Hacer revisión y registro de los usuarios del ciclo parqueadero.

Con el desarrollo realizado, en estos 5 pasos se contiene el funcionamiento del sistema de comunicación y el ciclo parqueadero propuesto.

## 10. CONCLUSIONES

Los resultados del proyecto se presentan gracias a la metodología ágil utilizada, para la cual se establece que a partir de unas bases y unos desarrollos base, el producto final es escalable para adaptarlo a otros escenarios y de la misma manera cambiar componentes o características de la misma para optimizar el desempeño, todo esto gracias a el planteamiento que desde un inicio se hizo, con el cual se buscaba generar un prototipo funcional que se vea como opción para la seguridad de los parqueaderos o de la misma manera un punto de partida para una opción de aseguramiento y comunicación constante con el usuario que sea potencialmente mejorable. Por lo tanto, las conclusiones del trabajo realizado se presentan a continuación:

- El objetivo principal del proyecto era el desarrollo de un sistema funcional para un ciclo parqueadero que haga uso de dispositivos que permitan clasificarlo como inteligente, por lo anterior se explica que el desarrollo de todo un estudio para establecer bases de parqueaderos para bicicletas y determinar la más eficiente, era necesario para establecer a que parqueadero se adaptara la solución.
- El uso de Python como lenguaje de programación, no solo permite una integración más sencilla al uso de la Raspberry Pi 3 con los sensores, sino que de la misma manera este lenguaje facilita el uso de diversos servicios (AWS-SNS, Firebase, etc.), por las librerías y módulos que ya se han

desarrollado para conectar con los mismos, de esta manera permite una fácil implementación y uso, no solo para este proyecto sino para cualquiera en el cual se desee una integración de varias fuentes y un objetivo más ambicioso.

- Con las pruebas realizadas, se establece que se debe hacer uso de uno de los operadores móviles principales que funcionan en Colombia (Claro, Movistar o Tigo), debido a que con operadores como Avantel o Virgin en edificios del Universidad Piloto de Colombia, se presenta una latencia mayor para la conectividad a internet por parte del módulo Adafruit FONA 3G, lo cual se considera contraproducente para el propósito de la solución.
- Gracias a la asesoría del ingeniero Luis Felipe Herrera, se logró establecer que el proyecto es candidato para participar en una iniciativa que promueve el Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones, el cual
- apoya emprendimientos o proyectos que hagan uso de nuevas tecnologías enfocadas a la movilidad, en este caso el ingeniero indico que esta sería una iniciativa que una vez revisada podría ser incluida entre los proyectos que buscan proveer un sistema de seguridad mejorado para el sistema de transporte integrado de Bogotá.
- Para la tendencia que se tiene actualmente con el uso de la bicicleta, junto con la ley “pro-bici” y el proyecto plan de desarrollo Bogotá 2016-2020, la curva de uso y popularidad de la bicicleta aumentara de manera exponencial, por lo que el proyecto se ajusta de manera inequívoca a los objetivos que tienen las entidades involucradas al tema (secretaria de movilidad, el ministerio de ambiente, ministerio de transporte, etc.), por lo cual se establece que existirá una amplia demanda del producto que se generó.
- Para las entidades que están obligadas por la Ley 1811 de 2016, esta sería una solución que se ajustaría a las características que deben tener los parqueaderos, tal cual como lo expone el Artículo 8 de dicha ley, en el cual se establece que los parqueaderos deben ser seguros y sujetos a mantenimiento constante por lo cual, junto con lo que ya se ha mencionado de la metodología SCRUM, que permite la escalabilidad y constante mejora, el ciclo parqueadero junto con su sistema de comunicación cumpliría sin ningún problema este apartado.
- El producto final si bien cumple para ser una opción para entidades públicas, es un producto creado para aportar valor social, al querer realizarse una primera implementación en parqueaderos públicos y hacer una evaluación de este, para de esta manera evaluar modelos de monetización y generar un valor agregado adicional.

- La inversión económica si bien es baja, podría reducirse aún más al tratarse de más ciclo parqueaderos que hagan uso de esta solución, se buscaría una estrategia para que un dispositivo sirva de manera serial y poder hacer uso de una sola Raspberry Pi 3 para varios parqueaderos y que de esta forma se reduzcan costos, o que por el contrario se trate hacer uso de otros ordenadores de una sola placa, que accedan a internet (estando en una misma ubicación) a través de un dispositivo que haga uso del módulo Adafruit FONA 3G y que este a su vez sirva de hotspot para simular una red inalámbrica.
- El monitoreo constante y sensible permite que la solución cumpla con su cometido al poseer un rango de distancia “tolerable” bastante reducido por lo cual se tiene certeza de las alertas que se generaran al usuario. Teniendo en cuenta que no hay límite de mensajes que pueden ser enviado, se tiene plena confianza en que de la mano de la sensibilidad la constante generación de mensajes (de ser necesario), permitirá garantizar un sistema de alerta con una alta disponibilidad.
- AWS-SNS al poseer el sistema de pago, en el que se paga por lo que se consume con precios tan reducidos, genera un aporte al costo bastante considerable teniendo en cuenta que para que el costo sea considerable se deberá hacer un envío de más de 10 millones de mensajes (lo que equivale a 43900 pesos colombianos).

## 11. TRABAJO FUTURO

El proyecto se ve limitado en una serie de aspectos, lo cual se considera permitido, debido a la escalabilidad que se busca obtener con el proyecto, de esta manera se entiende que el producto final que se obtuvo en el presente proyecto este sujeto a mejoras potenciales que mejoraran su funcionamiento y propósito. Entre las funciones que pueden mejorarse todavía se encuentran las siguientes:

- La Raspberry Pi 3 igual debe mantenerse conectada a una fuente de energía, por lo tanto, para la evolución de la solución en primera instancia se deberá evaluar la forma en que se escalará este defecto, porque todo el sistema de monitoreo se verá afectado si se presenta una falla eléctrica.
- Mejorar mecanismo de aseguramiento del parqueadero para la bicicleta.
- Modificar programación, para que cuando se presente la situación de alerta, se notifique al cuadrante del policía más cercano.
- Hacer pruebas con uso constante para la batería de la cual hace uso el módulo Adafruit FONA 3G, para el proyecto se hizo uso de una batería de 1200 mAh, no obstante, no se han realizado pruebas para determinar durante cuánto tiempo (de manera continua) funcionara para proveer internet a la Raspberry Pi 3 y de esta manera poder hacer el envío de mensajes de alerta a los usuarios.
- Se deben hacer pruebas con tarjetas sim de todos los operadores móviles que funcionan en Colombia, de esta manera se establecerá cual es el mas apropiado para un envío de mensaje de alerta más rápido y así mismo cual presenta una menor latencia, esto teniendo en cuenta que al tratarse de una conexión a internet por puerto serial la conectividad se ve bastante afectada.



## BIBLIOGRAFIA

"How to setup a Distance Sensor on the Raspberry Pi", Pi My Life Up, 2018. [En línea]. Disponible: <https://pimylifeup.com/raspberry-pi-distance-sensor/>. [Consultado el 06- Nov- 2018].

"How to setup a Raspberry Pi RFID RC522 Chip", Pi My Life Up, 2018. [En línea]. Disponible: <https://pimylifeup.com/raspberry-pi-rfid-rc522/>. [Consultado el 06- Nov- 2018].

"initialstate/fona-raspberry-pi-3", GitHub, 2018. [En línea]. Disponible: <https://github.com/initialstate/fona-raspberry-pi-3/wiki>. [Consultado el 06- Nov- 2018].

"thisbejim/Pyrebase", GitHub, 2018. [En línea]. Disponible: <https://github.com/thisbejim/Pyrebase#authentication>. [Consultado el 06- Nov- 2018].

"Sending SMS messages with Amazon SNS and Python", Bradmontgomery.net, 2018. [En línea]. Disponible: <https://bradmontgomery.net/blog/sending-sms-messages-amazon-sns-and-python/>. [Consultado el 06- Nov- 2018].

Ada, L. (2018). Adafruit FONA 3G Cellular + GPS Breakout. Consultado el 20 de abril de 2018 de <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-fona-3g-cellular-gps-breakout.pdf>.

Ada, L. (2018). Overview. Consultado el 20 de abril de 2018 de <https://learn.adafruit.com/adafruit-fona-3g-cellular-gps-breakout/overview>.

Alcaldía de Bogotá. (2016). Proyecto del Plan de Desarrollo Bogotá 2016-2020. Consultado el 28 de octubre de 2018 de [http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/20160429\\_proyecto\\_pdd.pdf](http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/20160429_proyecto_pdd.pdf)

Alexandru Serbanati, C. M. (2011). Building Blocks of the Internet of Things: State of the Art and Beyond. INTECH Open Access Publisher.

ANGULO, David Norberto. Diseño e implementación de un piloto para sistema IoT de cicloparquero inteligente, basado en los sistemas inteligentes de transporte y su implicación normativa dentro de una ciudad inteligente en Colombia. Máster en telecomunicaciones y regulación TIC. Bogotá. Universidad Santo Tomas. 2017. 109 p.

Atzori, Luigi, Iera, Antonio, Morabito, Giacomo Morabito. (2010). The Internet of Things: A Survey. Consultado el 1 de agosto de 2018 de

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.719.9916&rep=rep1&type=pdf>

Bankinter, Fundación de la Innovación. (2011). El Internet de las Cosas En un mundo conectado de objetos inteligentes. Consultado el 13 de agosto de 2018 de <https://www.cre100do.es/documents/11036/55146/RE+ES+IoT/6cfa0f1e-f8e6-4064-b32c-e9037870e084?version=1.0>

Cama, Alejandro, Cama, Dora, De La Hoz, Emiro. Las redes de sensores inalámbricos y el Internet de las cosas. En: Revista INGE CUC. octubre de 2012. Volumen 8, Número 1. pp. 163-172.

Copyright © Shanghai SIMCom Wireless Solutions Ltd. (2013). AT Command Set SIMCOM\_SIM5320\_ATC\_EN\_V2.02. Consultado el 20 de abril de 2018 de [http://www.adafruit.com/datasheets/SIMCOM\\_SIM5320\\_ATC\\_EN\\_V2.02.pdf](http://www.adafruit.com/datasheets/SIMCOM_SIM5320_ATC_EN_V2.02.pdf)

CRUZADO, José Carlos, CUARTAS, Katherine Andrea. Diseño de un modelo de ciclo parqueadero inteligente soportado en tecnología RFID/NFC y aplicación móvil sobre Android para la sede de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Especialista en gestión de proyectos en ingeniería. Bogotá. Universidad Distrital Fráncico José de Caldas. 2016. 69 p.

Dr. Ovidiu Vermesan, D. P. (2013). Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems. River Publishers.

Evans, Dave. Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco IBSG © 2011. 12 p.

Fawzi Behmann, K. W. (2015). Collaborative Internet of Things (C-IoT): For Future Smart Connected Life and Business. John Wiley & Sons.

Fulong Chen, Y. L. (2017). Industrial IoT Technologies and Applications. Wuhu: Springer.

Gershenfeld, N. (2014). When Things Start to Think: Integrating Digital Technology into the Fabric of Our Lives. Henry Holt and Company.

Kuinam J. Kim, H. K. (2017). IT Convergence and Security 2017 (Vol. 2). Springer.

Prasad, A. K. (2017). Exploring the Convergence of Big Data and the Internet of Things. IGI Global.

Rajkumar Buyya, A. V. (2016). Internet of Things: Principles and Paradigms. Elsevier.

Sousa, M. d. (2015). Internet of Things with Intel Galileo. Packt Publishing Ltd.

Vangelis Angelakis, E. T. (2016). Designing, Developing, and Facilitating Smart Cities: Urban Design to IoT Solutions. Springer.

## LISTA DE REFERENCIAS

- [1] Ley 1811 de 2016, "Por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el código nacional de tránsito", 21 de octubre de 2016.
- [2] Cada tres horas es hurtada una bici en Bogotá. (9 Feb 2018) Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/cada-tres-horas-es-hurtada-una-bici-en-bogota-articulo-738148>
- [3] Bruno Cendón. El Origen Del IoT [en línea]. < <http://www.bcendon.com/el-origen-del-iot/>> [citado el 3 de septiembre de 2018]
- [4] Gershenfeld, Neil. When Things Start to Think: Integrating Digital Technology into the Fabric of Our Lives. Primera ed. Boston: Henry Holt and Company, 2014. 225 p. ISBN 1466873523, 9781466873520
- [5] "The Lock - Deeper Lock smart bike lock", *Deeper Lock*, 2018. [En línea]. Disponible: <http://deeperlock.com/smart-bike-lock/>. [Consultado: 12- ago.- 2018].
- [6] "PRODUCTO", *Biceberg.es*, 2018. [En línea]. Disponible: [http://www.biceberg.es/m\\_producto.htm](http://www.biceberg.es/m_producto.htm). [Consultado: 22- ago.- 2018].
- [7] Pardo, C., Caviedes, Á. and Calderón, P. (2013). *estacionamientos para bicicletas: Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. 1st ed. [e-book] Bogotá: despacio.org, p.62. Disponible at: <http://www.despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf> [Consultado 2 oct. 2018].
- [8] EFOR. Tecnologías de comunicación para IoT [en línea]. España: 2012. [Consultado: 6 de agosto de 2018]. Disponible en Internet: <https://www.efor.es/sites/default/files/tecnologias-de-comunicacion-para-iot.pdf>